

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO

VALTER HELMUTH GOLDBERG JÚNIOR

**Utilização de Ontologias para Certificação
de Boas Práticas em Modelagem de
Processos de Negócio**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da
Computação

Orientador: Prof. Dr^a. Lucinéia Heloisa Thom

Porto Alegre
2016

CIP — CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Goldberg Júnior, Valter Helmuth

Utilização de Ontologias para Certificação de Boas Práticas em Modelagem de Processos de Negócio / Valter Helmuth Goldberg Júnior. – 2016.

68 f.: il.

Orientador: Lucinéia Heloisa Thom.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Computação. Porto Alegre, BR–RS, 2016.

1. BPMN. 2. Ontologia. 3. OWL. 4. Boas Práticas. 5. Modelagem. I. Thom, Lucinéia Heloisa. II. Utilização de Ontologias para Certificação de Boas Práticas em Modelagem de Processos de Negócio.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Rui Vicente Oppermann

Vice-Reitora: Prof^a. Jane Fraga Tutikian

Pró-Reitor de Pós-Graduação: Prof. Celso Giannetti Loureiro Chaves

Diretora do Instituto de Informática: Prof^a. Carla Maria Dal Sasso Freitas

Coordenador do PPGC: Prof. Luigi Carro

Bibliotecária-chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

*'Creativity now is as important in education as literacy,
and we should treat it with the same status'* SIR KEN ROBINSON

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer em primeiro lugar a minha esposa Ana Maria e minhas filhas Paula e Aline que sempre me apoiaram e suportaram a falta do pai durante as noites e finais de semana para a execução deste trabalho.

A minha orientadora Profa.Dra. Lucinéia pelo apoio e pelas discussões que sempre procurou elevar o nível do debate, tentando dar um passo a mais no entendimento do uso de modelos processo.

A Fundação de Economia e Estatística, instituição na qual tenho orgulho de trabalhar, por estimular a formação e qualificação dos seus colaboradores.

Aos colegas de pesquisa em BPM, orientados da Profa. Lucinéia, pelas discussões e críticas que sempre me fizeram refletir e aprofundar a análise, em especial ao colega Diego Toralles Avila pela leitura cuidadosa e críticas construtivas.

Por último, mas não menos importante, aos professores do Instituto de Informática da UFRGS dos quais recebi excelentes aulas e tive momentos do mais puro debate científico, os quais reforçaram minha convicção que é através de um ensino de excelência que o Brasil pode tornar-se: cientificamente desenvolvido, economicamente próspero e socialmente mais justo.

RESUMO

A gestão por processos de negócio aumenta a qualidade de produtos e serviços e diminui o custo operacional nas organizações. Para realizar gestão por processos é necessário mapear estes processos em modelos de processo de negócio que precisam ter qualidade sintática, semântica e pragmática. A qualidade pragmática, em particular, garante que um modelo é compreensível. Os modelos são criados por analistas de processo, os quais reúnem informações que estão distribuídas pela organização e, a partir do conhecimento dos *stakeholders* do processo. Esta é uma tarefa complexa, que nem sempre resulta em modelos de processo com boa qualidade pragmática. Processos com baixa qualidade pragmática podem ser de difícil entendimento pelos *stakeholders* do processo. Para certificar a qualidade pragmática é necessário testar o entendimento do processo com novos usuários. Na maioria das vezes é difícil obter novos usuários para realizar testes. Este trabalho propõe uma abordagem que tem como base uma ontologia para representar modelos de processo e boas práticas de modelagem para auxiliar na identificação de modelos com baixa qualidade pragmática. A abordagem desenvolvida inclui o desenvolvimento de um *plug-in* para o editor de ontologia *Protégé*, que a partir de indicadores propostos na literatura automatiza a identificação de problemas na qualidade pragmática da modelagem de processos de negócio. Esta ferramenta pode ser utilizada no contexto acadêmico em cursos de modelagem de processos de negócio, auxiliando alunos no entendimento de boas práticas de modelagem, e no contexto empresarial, para revisar grandes repositórios de processos e selecionar os modelos que possam ter problemas na qualidade pragmática.

Palavras-chave: BPMN. Ontologia. OWL. Boas Práticas. Modelagem.

Using Ontologies for the Certification of Best Practices in Business Process Modeling

ABSTRACT

Business Process Management (BPM) increases the products and services quality and decreases operational costs in organizations. BPM requires the mapping of such process models that must present synthetic quality, semantic quality and pragmatic quality. Pragmatic quality, in particular, ensures understandability of the model. Models are designed by process analysts, gathering information spread at the organization and the knowledge of stakeholders. The design task is complex and some times does not result in process models with high pragmatic quality. Process model with low pragmatic quality may be difficult to understand by process stakeholders. Pragmatics quality certification tests the understanding of the process with new users. Most of the time it is hard to get new users to run tests. This work proposes an approach based on an ontology to represent process models and modeling practices to identify models with low pragmatic quality. The proposed approach is based on the development of a plug-in for Protégé ontology editor, and uses metrics from the literature to identify pragmatic quality problems in process models. This tool can be applied in academic context so that students can better understand best practices in business process modeling, and also at business context, to review large process repositories selecting models which may have pragmatic quality problems.

Keywords: BPMN, OWL, Ontology, Best Practices.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Ciclo de Vida de BPM	18
Figura 2.2	Categorias de Elementos BPMN	20
Figura 2.3	Categorias de Qualidade	23
Figura 3.1	Modelo Desenvolvido	33
Figura 3.2	Subprocesso Popular Ontologia.....	34
Figura 3.3	Elemento <i>Task</i> em BPMN 2.0 e <i>OWL</i>	34
Figura 3.4	G1 com Problema	37
Figura 3.5	G1 sem problema.....	37
Figura 3.6	G4 O modelo não tem o mesmo número de <i>Gateways Splits e Joins de um tipo</i>	39
Figura 3.7	G4 Reestruturar o modelo para haver o mesmo número de <i>splits e joins</i> do mesmo tipo.....	39
Figura 3.8	Diagrama de Classe	41
Figura 4.1	Visão Parcial do Processo Seleção do Mestrado	47
Figura 4.2	Visão Parcial do Processo Seleção de Mestrado com a modelagem corrigida.....	48
Figura 4.3	Processo Banca de Defesa	54
Figura 4.4	Processo Defesa Simplificado	55
Figura 4.5	Processo Disponibilizar Servidor na DMZ.....	56
Figura 4.6	Processo de Afastamento.....	57
Figura 4.7	Processo Controle do Ponto Semanal.....	58
Figura 4.8	Visão parcial do Processo Olimpíada Brasileira de Informática	59
Figura 4.9	Processo Divulgação Estágio.....	60
Figura 4.10	Processo Divulgação Estágio Simplificado	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Elementos da Ontologia	27
Tabela 2.2 Operação possíveis na Ontologia	29
Tabela 3.1 Indicadores Utilizados	35
Tabela 3.2 Mapeamento BPMN - Ontologia.....	36
Tabela 3.3 Descrição do Elementos da Expressão Booleana.....	38
Tabela 3.4 Condições no qual foi testado G4.....	40
Tabela 3.5 Package popular.....	41
Tabela 4.1 Descrição Estatística dos Elementos StartEvent e EndEvent.....	45
Tabela 4.2 Descrição Estatística dos Elementos Task, SendTask, ReceiveTask e UserTask	46
Tabela 4.3 Descrição Estatística dos Elementos Gateway Exclusive (XOR), Paral- lel (AND) e Inclusive (OR).....	47
Tabela 4.4 Resultados do Estudos de Caso	53
Tabela 4.5 Descrição do Uso da Gateway OR	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	<i>Application Programming Interface</i>
BPM	Gerenciamento de Processos de Negócio (<i>Business Process Management</i>)
BPMN	Notação e Modelo de Processos de Negócio (<i>Business Process Model and Notation</i>)
BPMS	Sistema de Gerenciamento de Processos de Negócio (<i>Business Process Management System</i>)
BSC	<i>Balanced Scorecard</i>
COBIT	<i>Control Objectives for Information and related Technology</i>
CRM	Customer Relationship Management
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
EPC	<i>Event-driven Process Chain</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MP	Modelagem de Processos de Negócio (<i>Business Process Modeling</i>)
NPL	<i>Natural Processing Language</i>
OMG	<i>Object Management Group</i>
OWL	<i>Web Ontology Language</i>
SOA	<i>Service-Oriented Architecture</i>
SCM	<i>Supply Chain Management</i>
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UML	Linguagem de Modelagem Unificada (<i>Unified Modeling Language</i>)
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Motivação e Justificativa	12
1.2 Hipóteses e Objetivos	13
1.3 Organização do Texto	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 Gerenciamento de Processo de Negócio	16
2.1.1 Ciclo de Vida de BPM	16
2.1.2 Notação e Modelo de Processo de Negócio	18
2.1.3 Modelagem de Processos de Negócio	20
2.1.4 Correção e Relevância	21
2.2 Qualidade na Modelagem de Processos de Negócio	22
2.2.1 Verificação da Qualidade Sintática de Processos	22
2.2.2 Validação da Qualidade Semântica de Processos	23
2.2.3 Qualidade Pragmática de Processos	24
2.3 Boas Práticas Modelagem de Processos de Negócio	24
2.4 Ontologia	26
2.4.1 Requisitos para Ontologias	26
2.4.2 Elementos de uma Ontologia	27
2.4.3 BPMN <i>Ontology</i>	28
2.5 Resumo da Fundamentação	29
3 PROPOSTA DE UTILIZAR UMA ONTOLOGIA PARA CERTIFICAR BOAS PRÁTICAS EM MODELAGEM PROCESSOS DE NEGÓCIO	31
3.1 Abordagem Proposta	32
3.2 Aplicando a Abordagem Proposta na Prática	34
3.3 Limites da Abordagem	36
3.3.1 Indicador <G1>: Utilizar o Menor Número de Elementos Possível	36
3.3.2 Indicador <G6> :Utilizar o Rótulo no formato Verbo-Objeto	38
3.4 Conjunto de Testes do Plug-in	38
3.5 Plug-in	40
3.6 Resumo da Proposta	42
4 EXEMPLO DE APLICAÇÃO	43
4.1 Descrição Estatística da Amostra	44
4.2 Medidas	45
4.3 Discussão do Resultados	46
4.3.1 Verificação da Boa Prática G2	47
4.3.2 Verificação da Boa Prática G3	49
4.3.3 Verificação da Boa Prática G4	49
4.3.4 Verificação da Boa Prática G5	50
4.3.5 Verificação da Boa Prática G7	51
4.4 Resumo do Exemplo de Aplicação	51
5 CONCLUSÃO	62
REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

Durante os últimos 20 anos, a gestão por processos tem comprovado sua eficácia no aumento da qualidade e produtividade e na diminuição dos custos das empresas. As técnicas baseadas na gestão por processos têm sido aplicadas nos diferentes níveis organizacionais (ROSEMANN, 2006).

No nível operacional, incluindo técnicas, tais como: produção enxuta (*lean production*) e método Toyota nas indústrias (OHNO, 1997), o framework *Information Technology Infrastructure Library* (ITIL) para infraestrutura e suporte de tecnologia da informação e comunicação (CARTLIDGE et al., 2007), fábricas de software e métodos ágeis em desenvolvimento de software ((GREENFIELD; SHORT, 2003) (BECK; BEEDLE et al., 2013)).

No nível tático, onde os processos do framework COBIT (RIDLEY; YOUNG; CARROLL, 2004) interligam os objetivos empresariais e processos da tecnologia da informação e comunicação (TIC) necessários para atender as metas da empresa.

No nível estratégico, onde o framework *Balanced Scorecard* (BSC) identifica a cadeia de valor para os clientes e faz o alinhamento dos processos da empresa para entregar o máximo de valor para o cliente (PORTER, 2011). A gestão por processos tem impulsionado a disciplina de gerenciamento de processo de negócio (BPM -*Business Process Management*). Na área da tecnologia da informação, os sistemas têm sido implementados de forma a atender as exigências da visão de gestão por processo, por um lado com sistemas integrados como *Enterprise Resource Planning* (ERP), *Supply Chain Management* (SCM), *Customer Relationship Management* (CRM), que implementam as melhores práticas em processo estabelecendo um alto nível de padronização; por outro lado com arquiteturas mais flexíveis baseados em *Service-Oriented Architecture* (SOA) ou *Enterprise Services Bus* (ESB), implementados principalmente através de *Web Services* para reagir as rápidas mudanças do mercado, aumentando o diferencial da empresa (WESKE, 2012).

BPM é uma disciplina que define princípios, métodos e ferramentas para desenhar, analisar, executar e monitorar processos (DUMAS et al., 2013). A modelagem de processos de negócio é realizada no Ciclo de Vida de BPM¹.

Um modelo de processos de negócio (ou modelo de processo por simplicidade) é uma representação abstrata de um processo de negócio, onde são mapeadas suas principais informações e seus relacionamentos (GUARINO; OBERLE; STAAB, 2009). Por

¹O ciclo de BPM é apresentado na subseção 2.1.1.

exemplo: eventos, participantes, atividades e decisões.

A modelagem de processos não é uma tarefa trivial, é necessário combinar a visão e o conhecimento de várias pessoas que participam e são afetadas pelo processo. Em geral a modelagem envolve especialistas do domínio (pessoas que trabalham diretamente com o negócio) e outros *stakeholders* (pessoas que atuam direta ou indiretamente no processo de negócio) e um ou mais analistas de processos (pessoas especializadas no mapeamento de processos) (DUMAS et al., 2013).

1.1 Motivação e Justificativa

Analistas de processos criam modelos a partir de informações dos especialistas ou *stakeholders* da empresa (DUMAS et al., 2013). Especialista é a pessoa que atua diretamente na execução das tarefas relacionadas com o processo, mas que nem sempre vêem suas tarefas como parte de um processo (SHAHZAD; ELIAS; JOHANNESON, 2010). O conhecimento do especialista sobre o processo é focado em suas atividades, e pode ser um conhecimento explícito ou tácito. Segundo Nonaka and Takeuchi (1995), o conhecimento explícito é mais simples de ser documentado. O conhecimento tácito sobre o processo representa um desafio maior, pois é de difícil extração e formalização.

O conhecimento necessário para mapear o processo está distribuído pela organização. Reunir, analisar e estruturar este conhecimento em um modelo que represente corretamente o processo, sintetize de forma coerente o processo para os usuários, e seja de fácil compreensão, requer um grande esforço de modelagem (DUMAS; AALST; HOFSTEDE, 2005). Para implantar a gestão por processos é necessário modelar os processos de negócios.

Modelagem é um conjunto de metodologias, técnicas, linguagens e ferramentas que auxiliam na criação do modelo do processo, diminuindo o esforço e o risco de erro de modelagem (WESKE, 2012). Existem muitos aspectos que influenciam na modelagem de processos de negócio e interferem na modelagem de processos: propósito do modelo (REIJERS; MENDLING, 2011), domínio do modelo (LAKHOTIA, 1993), notação da modelagem (RECKER; DREILING, 2007), apresentação visual (PURCHASE; CARRINGTON; ALLDER, 2002), complexidade do modelo de processo de negócio (LAKHOTIA, 1993), fatores pessoais do modelador (RECKER, 2011).

Os fatores pessoais do modelador são alguns dos aspectos que têm sido pesquisados com menor intensidade (RECKER, 2011). O processo de modelagem depende

fundamentalmente de pessoas: o modelo é criado a partir do conhecimento técnico do modelador, experiência do *stakeholder* com o assunto e da interação entre modelador e *stakeholder*. É difícil assegurar a qualidade final do modelo gerado (MENDLING, 2008a).

Bons modelos permitem padronizar, aperfeiçoar e gerenciar a qualidade dos produtos e serviços das organizações (MENDLING et al., 2012). Desenvolver uma técnica para certificar a utilização das melhores práticas de modelagem pode contribuir com a qualidade do modelo final.

1.2 Hipóteses e Objetivos

A hipótese deste trabalho é que utilizar uma ontologia para representar modelos de processo pode auxiliar na identificação de problemas na qualidade da modelagem.

O objetivo geral deste trabalho é propor uma abordagem para avaliação dos processos que indique problemas de modelagem para diferentes tipos de processos que podem causar dificuldades de entendimento nos modelos de processo devido à baixa qualidade pragmática². Qualidade pragmática torna o modelo mais compreensível. A seção 2.2 apresenta as categorias de qualidade.

Como forma de automatizar a verificação de problemas na qualidade pragmática dos processos implementar um *plug-in* que avalie a qualidade dos processos.

Para alcançar o objetivo geral deste trabalho, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

1. **Representar o modelo:** Os modelos de processo são diagramas que são expressos na *Business Process Model and Notation* (BPMN)(OMG, 2013). Para representar modelos através de uma ontologia é necessário transformar os elementos da notação de processos (ex: símbolos de tarefas (*Task*), *Gateway*, eventos (*Events*), etc) em elementos de ontologia (ex: classes, propriedades, indivíduos).

Para representar modelos de processo através de ontologias são necessárias duas etapas:

- **Representar a notação de processos** através de uma ontologia que mapeia os elementos de BPMN 2.0 (ROSPOCHER; GHIDINI; SERAFINI, 2014) em

²Qualidade Pragmática subseção 2.2.3

elementos de uma linguagem ontológica, por exemplo, OWL ³.

- **Representar cada modelo individualmente** através dos elementos utilizados (indivíduos). Para representar a ontologia foi utilizada a *BPMN 2.0 Ontology* (BPMN2) uma formalização em OWL dos componentes estruturais da BPMN (ROSPOCHER; GHIDINI; SERAFINI, 2014). Para fazer a extração de cada modelo e popular a ontologia BPMN2 foi desenvolvido um *plug-in* para o editor de ontologias *Protégé*.
2. **Analisar o modelo:** Estudos empíricos apontam que existem boas práticas de modelagem de processos que tornam os modelos de processo mais compreensíveis (REIJERS; MENDLING, 2011), (REIJERS; MANSAR, 2005) (ver seção 2.2). Dessa forma, no contexto do presente trabalho foi criado um *plug-in* para o editor de ontologias (*Protégé*) para certificar se estas boas práticas foram utilizadas na modelagem dos processos de negócio.
 3. **Sugerir modificações:** o *plug-in* aponta possíveis problemas na modelagem segundo os indicadores utilizadas. Os indicadores para certificar se foram utilizadas as boas práticas de modelagens foram definidas com base estudos anteriores ((REIJERS; MENDLING; RECKER, 2015); (RECKER, 2011); ((KROGSTIE; SINDRE; JORGENSEN, 2006); (ROSEMANN, 2006);(BECKER; ROSEMANN; UTHMANN, 2000)).

1.3 Organização do Texto

Esta dissertação está dividida em 5 capítulos, considerando esta introdução. Os demais capítulos estão dispostos da seguinte forma:

- Capítulo 2 contextualiza o tema de estudo, apresentando os principais conceitos relacionados à pesquisa: 2.1 Gerenciamento de Processo de Negócio, 2.2 Qualidade de Modelagem, 2.3 Boas Práticas da Modelagem de Processo de Negócio, 2.4 Ontologia.
- Capítulo 3 descreve a proposta do trabalho: 3.1 a abordagem proposta e 3.2 Aplicação da Abordagem, 3.3 Limites da Abordagem, 3.4 Teste do *plug-in*.
- Capítulo 4 mostra um exemplo de aplicação: 4.1 Descrição Estatística da Amostra, 4.3 resultados obtidos e a discussão dos resultados.

³OWL subseção 2.4.1

- Capítulo 5 traz as conclusões da pesquisa e trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados quatro conceitos fundamentais nos quais este trabalho é baseado: gerenciamento de processos de negócio (2.1), qualidade na modelagem (2.2), boas práticas de modelagem de processos de negócio (2.3) e ontologias (2.4).

2.1 Gerenciamento de Processo de Negócio

BPM é baseado na observação das atividades necessárias para que produtos sejam fabricados ou serviços sejam oferecidos por uma organização. O mapeamento das atividades e de seus relacionamentos é fundamental para entender e aperfeiçoar a cadeia de eventos que geram os produtos ou serviços (WANG et al., 2010). BPM pode ser executado manualmente por pessoas ou com auxílio de sistemas de informação. Em geral, sistemas de informação desempenham um papel importante em BPM.

Em oposição a isso, em muitas organizações, existe um distanciamento entre os aspectos de negócio e os sistemas de informação que dão suporte ao negócio (WESKE, 2012). Este distanciamento é evidenciado por sistemas que não atendem plenamente as necessidades dos usuários por informações, e faltas de integração das tarefas a serem executadas.

Uma forma de diminuir os problemas de especificação de sistemas que dão suporte aos produtos e serviços é melhorar o entendimento entre os *stakeholders* e os desenvolvedores de sistemas. O uso de modelos de processo auxilia nisto, estabelecendo uma documentação que é um ponto de referência comum para todos os usuários do modelo. Estes modelos são desenvolvidos durante o ciclo de vida de BPM.

2.1.1 Ciclo de Vida de BPM

O ciclo de vida de BPM traz as etapas que um processo passa, desde a sua concepção até a sua execução. Este ciclo é iterativo e, a cada execução, procura-se aperfeiçoar o processo, ajustando os parâmetros ou, até mesmo, redesenhando o processo conforme as necessidades da organização.

As fases do ciclo de vida de BPM são (DUMAS et al., 2013):

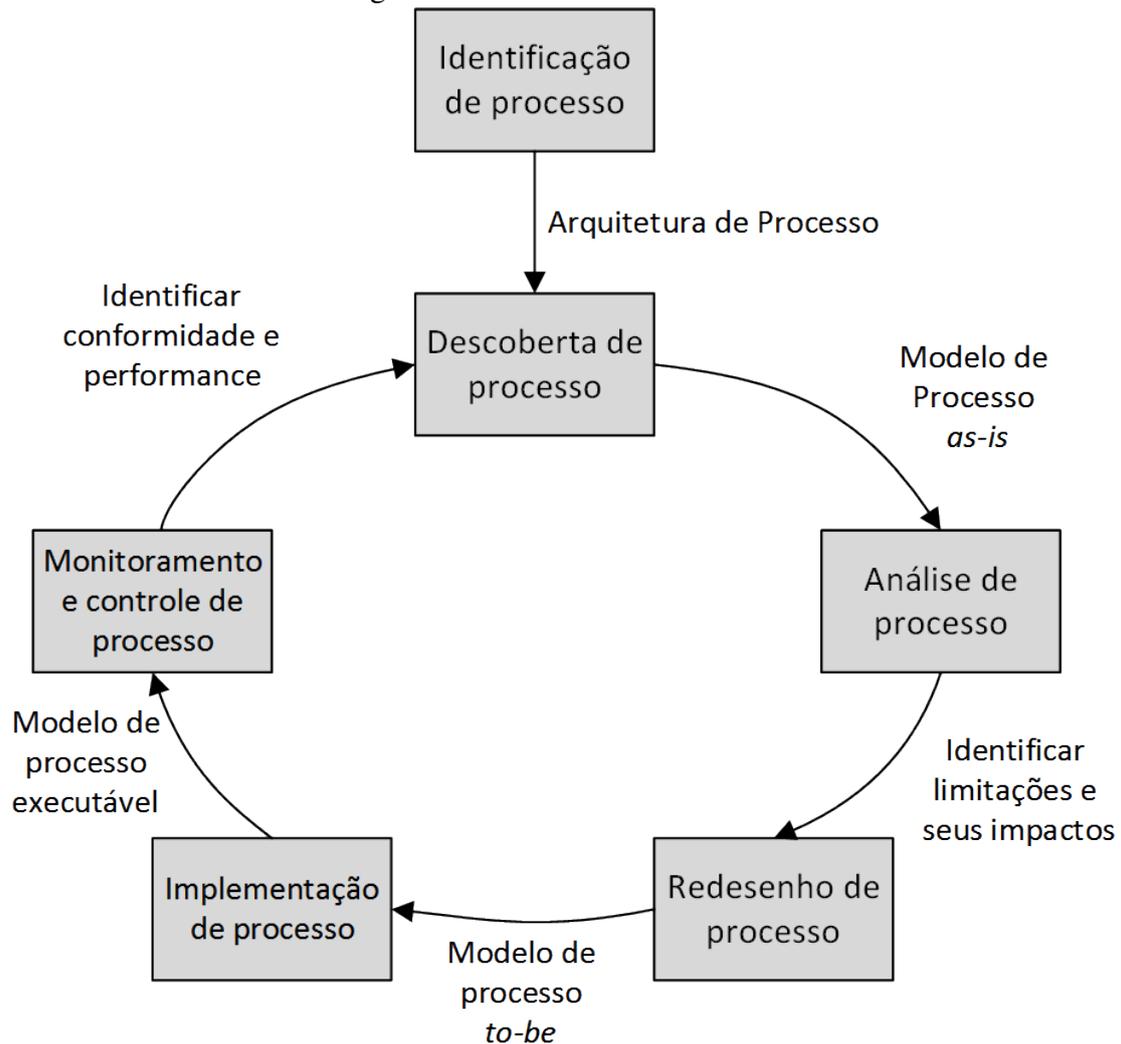
1. **Identificação dos Processos:** Nesta fase são identificados os processos existentes,

as suas importâncias na cadeia de valor (*chain value*) (PORTER, 2011) e seus relacionamentos. O mapeamento dos relacionamentos entre os processos resulta na arquitetura de processos. Esta fase também estabelece indicadores como indicadores de desempenho (KPI) para verificar se um processo está adequado (DUMAS et al., 2013). O processo está adequado quando as metas definidas pela organização ou empresa estão sendo atingidas.

2. **Descoberta do Processo:** nesta fase os processos são descritos e modelados, e entendidos pelos *stakeholders* da organização. O resultado desta fase é um artefato denominado **modelo as-is**, que documenta o processo atual e serve de base para a discussão entre os analistas de processos e os *stakeholders* para realizar melhorias no processo.
3. **Análise de Processo:** nesta fase são identificados os impactos, oportunidade de melhoria, limitações e possíveis problemas no processo.
4. **Redesenho do Processo:** todas as oportunidades de melhoria no processo e problemas identificados na fase anterior podem ser corrigidas gerando um novo artefato denominado **modelo to-be**.
5. **Implementação do processo:** nesta fase é realizada a transformação do modelo *to-be* para um processo executável. Processo executável é aquele que pode ser controlado pelo BPMS.
6. **Monitoramento e controle de processo:** nesta fase são identificadas inconformidades e degradação do serviço do processo em execução. No monitoramento e controle do processo são utilizados indicadores de desempenho do processo ou *Key Performance Indicator*, tais como: tempo de espera, número de peças com defeito, número de peças produzidas por hora, tempo médio entre falhas ou *Mean Time Between Failures*, tempo médio de recuperação de falhas ou *Mean Time To Recovery*. Nesta fase podem ser utilizadas técnicas estatísticas como *Six-Sigma* ($6-\sigma$) (FURTERER, 2014) .

Um processo de negócio pode ser representado através de diferentes notações, tais como: BPMN, diagrama de atividades da Linguagem de Modelagem Unificada (UML), diagramas de fluxo de dados, fluxogramas, *Event-driven Process Chain* (EPC), *Integrated DEFinition for Process Description Capture Method* (IDEF-3). Apesar do diagrama de atividades da UML ser a principal notação para desenvolvimento de sistemas com orientação a objeto, tal notação requer conhecimentos sobre desenvolvimento de sistemas

Figura 2.1: Ciclo de Vida de BPM



Fonte: Adaptado de Dumas et al. (2013).

que não são usuais para os *stakeholders*. O *Object Management Group* (OMG) desenvolveu como linguagem padrão a BPMN por simplificar o entendimento entre *stakeholders*, analistas de processos e desenvolvedores (OMG, 2013).

2.1.2 Notação e Modelo de Processo de Negócio

O principal objetivo da BPMN é fornecer uma notação que seja facilmente compreensível entre os *stakeholders* e os especialistas em TI (ver figura 2.2). A simplicidade de interpretação dos modelos BPMN cria uma notação padronizada e conhecida pelos *stakeholders*, os analistas de negócio, desenvolvedores e analistas do processo (OMG, 2013). A Figura 2.2 mostra os principais elementos da notação BPMN. Os principais elementos de processo da BPMN são:

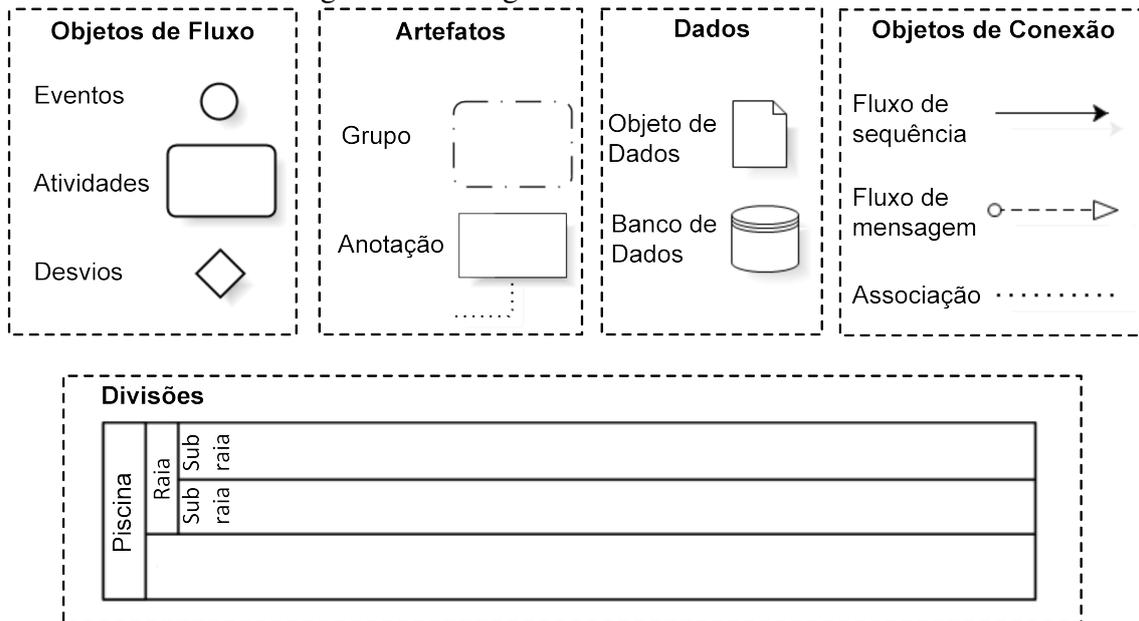
- **Eventos:** Acontecimentos que ocorrem durante o processo como: evento de início (*startEvent*), evento intermediário (*intermediateEvent*) e evento de Fim (*endEvent*).
- **Atividades:** Atividade atômicas ou Tarefa (*Task*) são atividades que não podem ser divididas.
- **Desvios:** são elementos de tomada de decisão e controle do fluxo do processo, são dos tipos: OU exclusivo (*exclusiveGateway*) também conhecido com XOR, OU inclusivo (*inclusiveGateway* ou OR), E (*parallelGateway* ou AND). Estão gateway podem ser de dois tipos: um para muitos (divergente ou *split*) e muitos para um (convergente ou *join*).
- **Fluxos de Sequência:** é o elemento de interligação entre os elementos do processos dentro da mesma organização.
- **Fluxos de Mensagens:** é o elemento de interligação entre tarefas dos processo entre organizações diferentes.
- **Objeto de Dados:** representa um elementos que suporta dados para o processo.
- **Banco de Dados:** representa uma estrutura de dados que pode ser acessada pela processo.
- **Divisões:** a piscina (*pools*) representa um processo ou um organização onde ocorre um processo. Pode esta em raias (*lanes*) e sub-raias (*swimlanes*) que representam os participantes de um organização.
- **Outros Elementos:** Elementos com Anotações e Grupo auxiliam no entendimento dos modelos.

Documentar todos os processos de negócio em BPMN é dispendioso porque é necessário o envolvimento de muitos *stakeholders* e muitas horas de trabalho. Em geral, apenas uma parte dos processos é modelado em BPMN. Na fase de identificação de processos do ciclo de vida de BPM ocorre a priorização dos processos mais relevantes a serem modelados.

Durante o ciclo de vida de um processo de negócios são criados: modelos *as-is* para documentar e comunicar; e modelos *to-be* para otimizar processos de negócio (DUMAS et al., 2013).

Os benefícios da BPMN incluem melhorar o entendimento sobre os processo, aumentar o poder de expressão do processo e auxiliar na padronização das trocas de informações entre os usuários do modelo. Os modelos de processo BPMN são utilizados como um repositório do conhecimento sobre os processos de uma organização (WESKE, 2012).

Figura 2.2: Categorias de Elementos BPMN



Fonte: Adaptado de Weske (2012).

2.1.3 Modelagem de Processos de Negócio

Existem duas abordagens para a criação de processo: a corrente positivista, que define o modelo como o resultado de mapeamento simplificado da realidade para um propósito específico, e a corrente construtivista, que defende que o modelo é fortemente influenciado pelo modelador (subjetivismo). Esta corrente defende que a utilização de padrões e boas práticas (*guidelines*) diminuem a interferência da subjetividade (MENDING, 2008b). A interferência da subjetividade pode fazer com que o modelo privilegie técnica sobre a visão negócios.

De acordo com Schuette and Rotthowe (1998), as regras de modelagem existem seis condições para garantir qualidade de modelos, três são condições necessárias: correção, relevância e eficiência econômica; e três condições desejadas: clareza, comparabilidade e modelagem sistemática.

- **Correção:** O modelo tem que ser sintaticamente e semanticamente correto. Portanto, a modelagem tem que ocorrer conforme as regras da notação utilizada e ser consistente com a realidade do processo modelado.
- **Relevância:** apenas as partes de interesse do universo de discurso são modeladas.
- **Eficiência econômica:** o custo do modelo não pode ser maior que o benefício de modelar.
- **Clareza:** este é o critério mais subjetivo, por exigir que o modelo seja compre-

ensível pelo usuário. Esta condição está diretamente relacionada com a qualidade pragmática do modelo que será discutida na seção 2.2.

- **Comparabilidade:** exige a utilização de uma técnica de modelagem padronizada (*Guidelines*).
- **Modelagem sistemática:** este princípio exige clara separação entre as várias visões sobre o projeto e a definição da forma de integração destas visões (MENDLING, 2008b).

A definição de uma **técnica de modelagem** é útil para a resolução de muitos destes problemas. Uma técnica de modelagem consiste em duas partes relacionadas: **linguagem de modelagem** e **método de modelagem**.

A **linguagem** é formada por três partes: sintaxe, semântica e notação. A sintaxe estabelece um conjunto de elementos (ou constructos) e regras de como estes elementos podem ser combinados (gramática). A semântica vincula a sintaxe a seu significado. E a notação define uma série de símbolos que são utilizados para visualização do modelo (SCHUETTE; ROTTHOWE, 1998).

O **método de modelagem** define os procedimentos de como cada linguagem pode ser utilizada. Conforme Mendling (2008b) os modelos sigam as especificações da linguagem a utilização de ferramentas de modelagem é fundamental.

2.1.4 Correção e Relevância

Mendling (2008b) propõe quatro abordagens fundamentais para fornecer correção e relevância aos modelos :

1. **Ontologia:** procura descrever a realidade em termos de objetos, classes e relacionamentos.
2. **Padrões Workflow:** modelos de processo de negócios procuram capturar diferentes aspectos como atividades, controles de fluxo, entidades organizacionais, objetivos funcionais e informações consumidas e geradas. Os trabalhos de (AALST et al., 2003), (THOM; REICHERT; IOCHPE, 2009) e outros) identificaram diferentes padrões que são utilizados na modelagem de negócios.
3. **Teoria dos atos de fala:** Segundo esta teoria a fala não apenas é usada para formar frases, mas o ato da fala tem a intenção de produzir um ação sobre a realidade (WUNDERLICH, 1980). Johannesson (1995) utiliza esta noção para criar mode-

los de sistemas de informação, baseado no atos de fala, que tenham consistência estrutural e comportamental.

4. **Metamodelagem:** identifica entidades abstratas que podem ser utilizadas no processo de modelagem, é válida apenas para os contextos que estão sendo modelados, como por exemplo, a ontologia e a teoria dos atos da fala. Várias ferramentas como o editor de Ontologias *Protégé* (HORRIDGE et al., 2009) e *MetaEdit* (SMOLANDER et al., 1991) suportam este tipos de modelagem.

Representar os modelos de processo de uma organização através de uma ontologia auxilia a manter a coerência e a relevância dos modelos. Além disso, se for possível avaliar a clareza (qualidade pragmática) e obter comparabilidade através de utilização da mesma técnica de modelagem, serão atingidos 4 das 6 condições para a qualidade de modelos.

2.2 Qualidade na Modelagem de Processos de Negócio

Qualidade de modelo de processo não é uma característica única. Para avaliar a qualidade de um modelo é necessário entender quais são seus componentes. Segundo o framework SIQ (ROSEMANN, 2006), a qualidade pode ser dividida em três categorias: qualidade sintática, qualidade semântica e qualidade pragmática (ver figura 2.3). Estas categorias representam os principais objetivos para qualidade de um modelo de processo (REIJERS; MENDLING, 2011). Para afirmar que um modelo tem qualidade é necessário avaliar as três categorias de qualidade. O modelo tem qualidade sintática quando utiliza a notação corretamente. Um modelo tem qualidade semântica quando captura as principais informações e relacionamentos do domínio de interesse. O modelo tem qualidade pragmática quando é de fácil compreensão por novos usuários.

2.2.1 Verificação da Qualidade Sintática de Processos

Qualidade sintática tem o objetivo de garantir que os modelos foram produzidos respeitando as regras da linguagem de modelagem. Esta qualidade é base para as outras duas, tanto a qualidade semântica quanto a qualidade pragmática pressupõem que o processo não contém erros sintáticos.

Figura 2.3: Categorias de Qualidade



Fonte: Adaptado de Mendling (2008b).

2.2.2 Validação da Qualidade Semântica de Processos

Qualidade semântica tem o objetivo garantir a produção de modelos que representem os processos de forma eficaz, sejam os processos já existentes, chamados processo *as-is*, sejam os processo que serão implantados chamados processos *to-be* (DUMAS et al., 2013). Este objetivo pode ser decomposto em duas partes: validade e completude.

Validade significa que todas as afirmações do modelo são verdadeiras e relevantes para o modelo (REIJERS; MENDLING; RECKER, 2015). Completude significa que todas as afirmações necessárias para descrever o modelo são feitas (LINDLAND; SINDRE; SOLVBERG, 1994). Não existe um conjunto de regras formais que possam ser usadas com facilidade para garantir a qualidade semântica dos processos (DUMAS et al., 2013).

Em geral, a qualidade semântica é validada através de entrevistas com especialistas do domínio e outros *stakeholders*.

2.2.3 Qualidade Pragmática de Processos

Qualidade pragmática tem como objetivo tornar o modelo compreensível para as pessoas. Um modelo pode ter uma baixa qualidade semântica e uma alta qualidade pragmática. Por exemplo, um modelo com poucos detalhes do mundo real no processo tem uma baixa qualidade semântica, mas mesmo assim pode ser de fácil compreensão, portanto, ter uma alta qualidade pragmática. As categorias semântica e pragmática não tem relação hierárquica (DUMAS et al., 2013).

Existem muitos trabalhos relacionados a métricas para verificação da qualidade sintática, por ser baseado em regras e estruturas este campo de pesquisa é muito desenvolvido e encontra-se bastante explorado.

A qualidade semântica pode ser obtida através da validação pelo consenso de vários *stakeholders* ou através de sistemas computacionais. A validação computacional é complexa e tem como principal suporte a área de *Natural Processing Language* (NPL). Apesar da implementação em NPL ser complexa, esta apresenta um número significativo de trabalhos desenvolvidos.

Certificação da qualidade pragmática é a avaliação de quão útil é um modelo (ROSEMANN, 2006). Existem muitos aspectos em relação a utilidade, entre estes estão: compreensibilidade, manutenibilidade e aprendizado.

2.3 Boas Práticas Modelagem de Processos de Negócio

Compreensibilidade refere-se quão fácil de ler é um modelo de processos de negócio.

Manutenibilidade refere-se a quanto pode ser modificado e adaptado um modelo para responder a novas exigências. Facilidade de aprendizado é quanto esforço os novos usuários precisam fazer para aprender o novo processo (DUMAS et al., 2013). A certificação da qualidade pragmática é feita através de entrevistas ou experimentos com usuários. É difícil conseguir a disponibilidade de tempo dos *stakeholders* para certificar que um modelo é de fácil compreensão.

Desenvolver um software que certificar o uso de boas práticas na modelagem de processos de negócio auxilia manter a qualidade pragmática dos modelos de processos de negócio (MENDLING; REIJERS; AALST, 2010). A falta da aplicação é um indicativo que o modelo pode ser de baixa qualidade pragmática.

Um conjunto de sete boas práticas de modelagens de processos ou *Seven Process Modeling Guidelines* (7PMG) (MENDLING; REIJERS; AALST, 2010) auxiliam na identificação de problemas de qualidade pragmática e são considerados na abordagem proposta neste trabalho:

1. **G1: Use o menor número de elementos possível.** Estudos mostraram que processos maiores são mais difíceis de entender (BECKER; ROSEMANN; UTHMANN, 2000) e apresentam maior quantidade de erros de sintaxe (KROGSTIE; SINDRE; JORGENSEN, 2006).
2. **G2: Minimize o número de caminhos por elemento.** Para cada elemento é possível determinar o número de fluxos de sequência de entrada (incoming) e saída (outgoing). A quantidade de entradas e saídas mostra a quantidade de caminhos que passam pelo elemento. Um alto número de caminhos que passam por elemento dificulta o entendimento do modelo (BECKER; ROSEMANN; UTHMANN, 2000). Além disso, o número de erros sintáticos no modelo é fortemente correlacionado com o alto número de caminhos por elemento (KROGSTIE; SINDRE; JORGENSEN, 2006).
3. **G3: Usar apenas um elemento de início (*startEvent*) e um elemento de fim (*endEvent*).** Estudos empíricos mostraram que o número de eventos de *startEvent* e *endEvent* tem uma correlação positiva com a probabilidade de erros (KROGSTIE; SINDRE; JORGENSEN, 2006).
4. **G4: Manter modelos de processor estruturados.** Um modelo está estruturado se para cada *Gateway Split* existir um *Gateway Join* do mesmo tipo. Modelos não estruturados incluem mais erros (KROGSTIE; SINDRE; JORGENSEN, 2006) e as pessoas tem a tendência a ter dificuldade de entendê-los (BECKER; ROSEMANN; UTHMANN, 2000).
5. **G5: Evite o uso de Gateways OR.** Modelos que tem apenas *Gateway AND* e *XOR* são menos sujeitos a erros (KROGSTIE; SINDRE; JORGENSEN, 2006). Existe uma ambiguidade na semântica no elemento *or-join* e problemas de implementação devido a isso (ROSEMANN, 2006)
6. **G6: Utilize rótulos na forma verbo-objeto.** O estilo verbo-objeto (Ex: Informar queixa) é considerado menos ambíguo e mais útil que o estilo ação-substantivo (Ex: Análise de queixa) ou outros estilos.
7. **G7: Decomponha um modelo com mais de 50 elementos.** Existe uma correlação

positiva entre o tamanho do modelo e o número de erros. Em modelos com mais de 50 elementos a probabilidade de erros tende a crescer acentuadamente. Grandes modelos devem ser divididos em modelos menores. Por exemplo: um grande componente com apenas uma entrada e uma saída pode ser substituído por um subprocesso.

2.4 Ontologia

Ontologia é uma forma de representar o conhecimento (do grego *ontos* "ente" e *logoi*, "ciência do ser"). Teve origem na Grécia antiga e é um ramo da filosofia chamado metafísica, que estuda a essência do "Ser". Na ciência da computação a definição mais aceita, atualmente é: ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada ((GRUBER, 1995), (BORST; AKKERMANS, 1997), (STUDER; BENJAMINS; FENSEL, 1998)).

Ontologia é um conjunto de conceitos e propriedades definidos e concordados por um grupo de especialistas de um domínio de conhecimento. Este conjunto de conceitos é um modelo abstrato de um domínio através da extração dos seus principais elementos (GENESERETH; NILSSON, 1987). A conceitualização é a base da representação do conhecimento sendo composta por objetos, conceitos e outras entidades que representam os elementos de um domínio e a relação entre estes (GUARINO; OBERLE; STAAB, 2009). Neste trabalho a ontologia dá suporte a representação do conhecimento sobre o modelo de processo para certificação das boas práticas de modelagem de processos de negócio.

2.4.1 Requisitos para Ontologias

Ontologias devem ser claras, mínimas, extensíveis, coerentes e com compromissos ontológicos mínimos (Gruber, 1995). A construção de ontologias é baseada em dois paradigmas principais: *frames* e *description logic* (DL). A linguagem *Web Ontology Language* (OWL), a qual é um sub-conjunto da DL, é a linguagem padrão do *World Wide Web Consortium* (W3C) para ontologias, tornando-se a linguagem ontologia da web semântica (WANG; PARSIA; HENDLER, 2006).

Esses paradigmas têm constructos semelhantes: classes, instâncias ou objetos, propriedades. A maior diferença entre esses paradigmas é a forma de interpretar os objetos. *Frame* assume que se dois objetos têm nomes diferentes são objetos diferentes

Tabela 2.1: Elementos da Ontologia

Elemento	Função
<i>Class</i>	representa um conceito do domínio
<i>Object Property</i>	são relações binárias entre <i>Individuals</i>
<i>Data Property</i>	é um valor em XML <i>Schema Datatype</i> ou um literal em <i>Resource Description Framework (RDF)</i>
<i>Individual</i>	representa um objeto no domínio
<i>Axiom</i>	é regra de relacionamento entre as classes de indivíduos
<i>Instance</i>	são objetos criados a partir de classe

Fonte: Autores

(*unique name assumption*). Diferentemente, OWL não faz esta suposição.

Há uma suposição de mundo fechado em *Frames*, tudo é proibido até que seja permitido (*Closed World Assumption*). Em OWL a suposição é de mundo aberto, tudo é permitido até seja proibido (*Open World Assumption*).

Uma ontologia em *Frame* tem apenas um modelo que satisfaz todas suas afirmações. Isto significa que os modelos para uma ontologia *Frames* só pode conter instâncias que são explicitamente especificadas.

Diferentemente, uma ontologia em OWL terá muitos modelos que serão consistes desde que satisfaçam todas suas afirmações.

Na inferência de novos fatos na ontologia ou para determinar se a ontologia é consistente a suposição de mundo aberto ou fechado muda a forma de modelar. Segundo Wang (2006) deve ser utilizado OWL quando existir a necessidade de utilização de mecanismo de inferência *Description Logic (DL reasoning)* e quando houver termos controlados que serão acessados por outros sistemas.

A ontologia utilizada neste trabalho utiliza OWL para implementar os axiomas definidos na norma BPMN. Esta implementação possibilita a extensão da ontologia e a utilização de mecanismos de inferência para a verificação de consistência ontológica.

2.4.2 Elementos de uma Ontologia

World Wide Web Consortium (W3C) definiu a linguagem *Web Ontology Language (OWL)*. Atualmente, OWL-2 é a linguagem ontológica padrão da Internet (W3C, 2009). Os elementos básicos de OWL são: indivíduo (*individual*), propriedade de objeto (*object property*), propriedade de dados (*property data type*), classe (*class*) e axioma.

- *Class* (Classe) é uma forma de representar um conceito e contém um conjunto de *Individuals* (Indivíduo). Para um indivíduo pertencer a uma classe é preciso que ele atenda as condições necessárias e suficientes da classe (HORRIDGE et al., 2009). Classe e conceito podem ser utilizados como sinônimos.
- Indivíduo representa um objeto em um domínio de interesse ¹, e é instância de uma classe. Um indivíduo pode pertencer a mais de uma classe de hierarquias diferentes (herança múltipla).
- *Object Property* (Propriedade de objeto) é o equivalente a um relacionamento orientação à objetos, por exemplo, em UML (HORRIDGE et al., 2009).
- *Data Property* (Propriedade de dado) é um valor em XML *Schema Datatype* ou um literal em *Resource Description Framework* (RDF).
- *Axioms* (Axiomas) são as regras lógicas que a ontologia segue, são teoremas que contêm as descrições lógicas que relacionam os elementos da ontologia (SER-RANO, 2012).

2.4.3 BPMN *Ontology*

A ontologia BPMN *ontology* (ROSPACHER; GHIDINI; SERAFINI, 2014) foi criada com o objetivo de expressar de maneira formal a linguagem gráfica da BPMN 2.0 (OMG, 2011), através de uma gramática formal livre que descreve na linguagem OWL-DL (um fragmento da *Description Logics*) todos os elementos, atributos e propriedades da BPMN 2.0 conforme a especificação da OMG (ROSPACHER; GHIDINI; SERAFINI, 2014).

BPMN *ontology* (ROSPACHER; GHIDINI; SERAFINI, 2014) é formada por 1447 Axiomas, 187 Classes, 131 Propriedade de objeto e 57 Propriedades de Dados ² e tem a expressividade $\mathcal{ALUQ}(D)$. A expressividade $\mathcal{ALUQ}(D)$ da BPMN *ontology* permite as seguintes operações:

- \mathcal{AL} : (*Attributive Language*): Ex: Tarefa Realizada = \neg Nova Tarefa, interseção de conceitos Ex: . restrições universais e quantificação existencial limitada.
- \mathcal{U} : União de Conceitos. Permite a união de conceitos para formar novos conceitos.
Ex: *Class Gateway* = *Class XOR* \sqcup *Class AND* \sqcup *Class OR*

¹Também chamado de Universo de Discurso

²Os componentes de ontologias são definidos em subseção

Tabela 2.2: Operação possíveis na Ontologia

Operação	Semântica	Exemplos
\mathcal{AL}	atribuição atômica negação atômica restrições universais	Tarefa Realizada = Δ Nova Tarefa Realizada = \neg Nova Tarefa $\top, \perp, \forall, \emptyset, \exists, \neq$
\mathcal{U}	União de conceitos forma novo conceito	<i>Class Gateway</i> = <i>Class XOR</i> \sqcup <i>Class AND</i> \sqcup <i>Class OR</i>
\mathcal{Q}	Cardinalidade	<i>only one</i>
(\mathcal{D})	Dados	• Ex: Integer, String

Fonte: Guarino, Oberle and Staab (2009)

- \mathcal{Q} : Restrições de cardinalidade qualificada Ex: \exists
- (\mathcal{D}) : Uso de propriedades de tipo de dados, valores de dados e tipos de dados

O propósito da BPMN *Ontology* não é modelar o comportamento dinâmico de um processo BPMN, para isso, existem outros trabalhos que propõem abordagens mais adequadas para representação do comportamento dinâmico, tais como: Mineração de Processos (AALST, 2011), Rede de Petri (PETERSON, 1981), álgebra CSP (HOARE, 2002), UML (RUMBAUGH; JACOBSON; BOOCH, 2004). O comportamento dinâmico de processo modela a execução do processo no tempo.

Também não pretende expressar uma ontologia superior. Ex: *Unified Foundational Ontology* (UFO) (GUIZZARDI, 2005), que apresenta uma visão mais ampla e complexa do universo de discurso que não é necessária para este trabalho.

BPMN Ontology é utilizada para formalizar as estruturas dos modelos BPMN para certificar computacionalmente o uso das sete boas práticas de modelagem de negócios (7PMG).

2.5 Resumo da Fundamentação

Nesta seção foi apresentado BPM que procura entender e aperfeiçoar os processos que mais agregam valor a organização. (PORTER, 2011). BPMN é usada para modelar, ajustar ou redesenhar os principais processos de negócios da organização. A modelagem é um conjunto de técnicas, linguagens e ferramentas que representam os participantes e seus comportamentos de processos através modelos. Estes modelos precisam estar corretos e representar as informações e comportamentos mais relevantes do processo. Um maneira de garantir isso é utilizar uma ontologia para relacionar os principais conceitos. Os

modelos precisam ter qualidades sintáticas, semânticas e pragmáticas. Uma das formas de se obter mais qualidade na modelagem é utilizar boas práticas de modelagem que com base em estudos empíricos que podem favorecer a qualidade dos processos (MENDLING; REIJERS; AALST, 2010). O uso de boas práticas de modelagem pode ser certificado a partir da representação do modelo em uma ontologia válida e a verificação de indicadores de qualidade.

3 PROPOSTA DE UTILIZAR UMA ONTOLOGIA PARA CERTIFICAR BOAS PRÁTICAS EM MODELAGEM PROCESSOS DE NEGÓCIO

Analistas de processo nem sempre possuem competência suficiente para produzir modelos de processos de negócio de alta qualidade. Conforme Mendling (2008a) cerca de 10% dos modelos apresentam baixa qualidade. Modelos com baixa qualidade são de difícil compreensão, a qualidade pragmática é a categoria de qualidade que indica o quanto é compreensível um modelo. Modelos que apresentam alta qualidade pragmática são facilmente entendidos pelos usuários.

Para certificar a qualidade pragmática de forma computacional é necessário utilizar um formalismo que represente o modelo de processo mantendo a mesma semântica do processo original (ver figura 2.1.4).

Os modelos de processos, em geral, estão em BPMN. Apesar de BPMN ter como características um alto poder de expressão e *soundness*¹ do ponto de vista ontológico, não é uma linguagem formal, e apresenta problemas para ser certificada computacionalmente; Os problemas incluem: sobrecarga de construções (*construct overload*) e constructos que expressam diferentes significados ex: *Pool* pode ser um Processo ou uma Entidade ((RECKER et al., 2006); (RECKER et al., 2005)).

A realização de testes com usuários para a certificação da qualidade pragmática é uma tarefa que demanda disponibilidade de tempo dos *stakeholders*, reduzindo as oportunidades de realizar a verificação da qualidade pragmática. Outra opção é criar uma forma computacional de certificar se o modelo de processo de negócio segue boas práticas de modelagem. Conforme Reijers, Mendling and Recker (2015) esta verificação pode ser utilizada para identificar problemas na qualidade pragmática dos modelos de processos de negócio.

A utilização de boas práticas de modelagem pode auxiliar na qualidade pragmática do modelo tornando-o mais compreensível e menos sujeito a erros de interpretação (MENDLING; REIJERS; AALST, 2010).

¹ *Soundness*: propriedade que garante a todos os estados possíveis serão atingidos. Um estado em um processo é, por exemplo, é uma tarefa interligada a outra tarefa através de um elemento *sequenceFlow*.

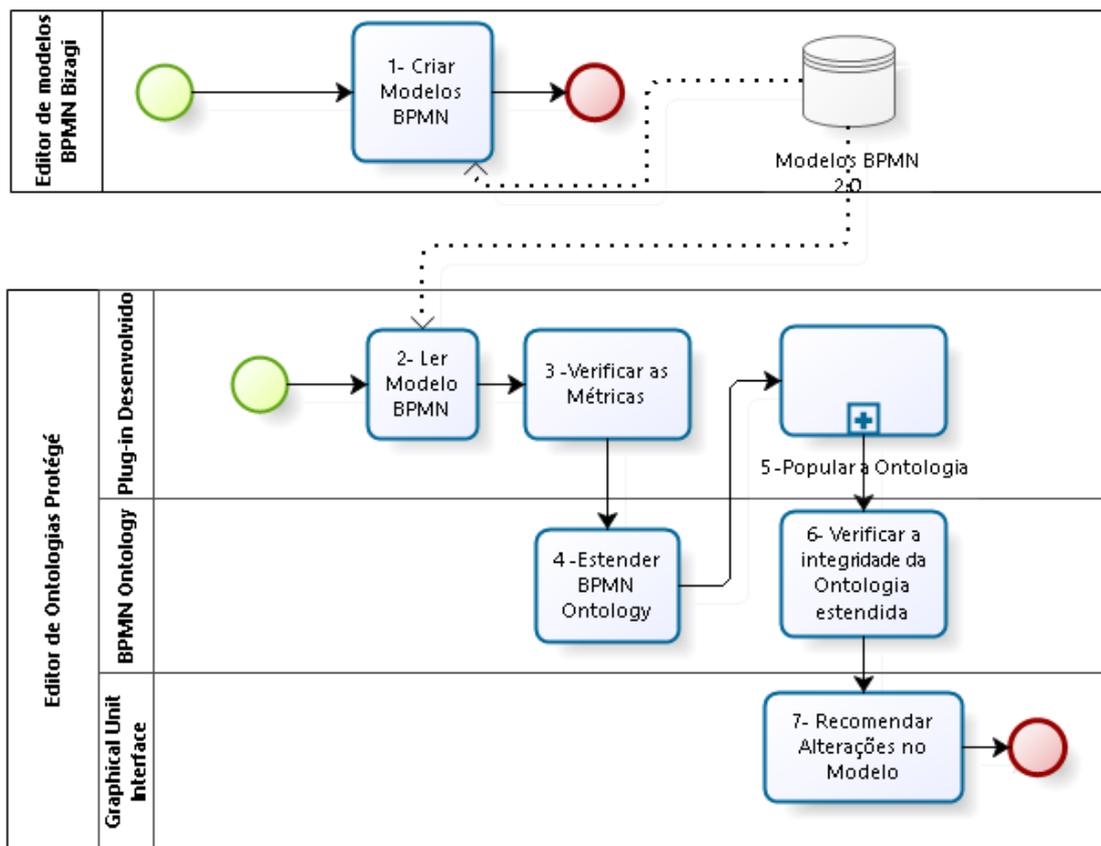
3.1 Abordagem Proposta

A proposta deste trabalho é certificar a utilização das 7PMG na modelagem de processos de negócio. Para isso, foi desenvolvido um *plug-in* para o editor de ontologia *Protégé*. A abordagem proposta será descrita através das 7 etapas necessárias para executar a certificação de um modelo (ver figura 3.1), estas etapas serão detalhadas na próxima seção:

1. **Criar Modelo de Processos de Negócio:** Os modelos são criados em um editor BPMN, e salvos no formato BPMN 2.0.
2. **Ler o Arquivo BPMN 2.0 com o modelo:** Estes arquivos são lidos pelo *plug-in*, que verifica as 7PMG através de indicadores.
3. **Verificar os Indicadores para 7PGM:** Foram definidos indicadores para verificar o uso das 7PMG. Estes indicadores foram retiradas de estudos sobre as boas práticas de modelagem de processos de negócio ((MENDLING, 2008b),(RECKER, 2011), (MENDLING et al., 2012)), na tabela 3.1 são especificados os indicadores.
4. **Estender a Ontologia:** é utilizar a BPMN *Ontology* como suporte para representar o modelo BPMN (ROSPOCHER; GHIDINI; SERAFINI, 2014).
5. **Popular a Ontologia:** é inserir os elementos BPMN na BPMN *Ontology*, cada elemento do modelo BPMN é criado como um indivíduo (*NamedIndividuals*) de uma classe da ontologia é recebe atributo ID que é ID do elemento do processo.
6. **Verificar a integridade da Ontologia estendida:** A verificação da ontologia através de um mecanismo de inferência do editor de Ontologias *Protégé* garante que o modelo não perdeu a integridade.
7. **Recomendar alterações no modelo:** Após garantir que a integridade do modelo não foi modificada, podem ser feitas recomendações a partir dos resultados dos indicadores. As recomendações são estáticas e baseadas nas melhores práticas de modelagem de processo de negócios e podem melhorar a modelagem do BPMN. O *plug-in* pode evoluir para utilizar recomendação baseado em casos (SMYTH, 2007), mas este trabalho não esta no escopo desta dissertação.

Modelo BPMN torna-se uma ontologia através da extensão da BPMN *Ontology*. Cada elemento do BPMN é instanciado na ontologia seguindo seus axiomas, com isso, é possível criar uma representação formal para a o processo. A etapa 5 é a apresentada na Figura 3.2, no subprocesso Popular Ontologia os elementos de processo do modelo

Figura 3.1: Modelo Desenvolvido



Fonte: Autores

BPMN são representados como indivíduos (*NamedIndividual*) da *BPMN Ontology*, e as classe que representam os tipos de elementos de processos são atribuídos a estes indivíduos.

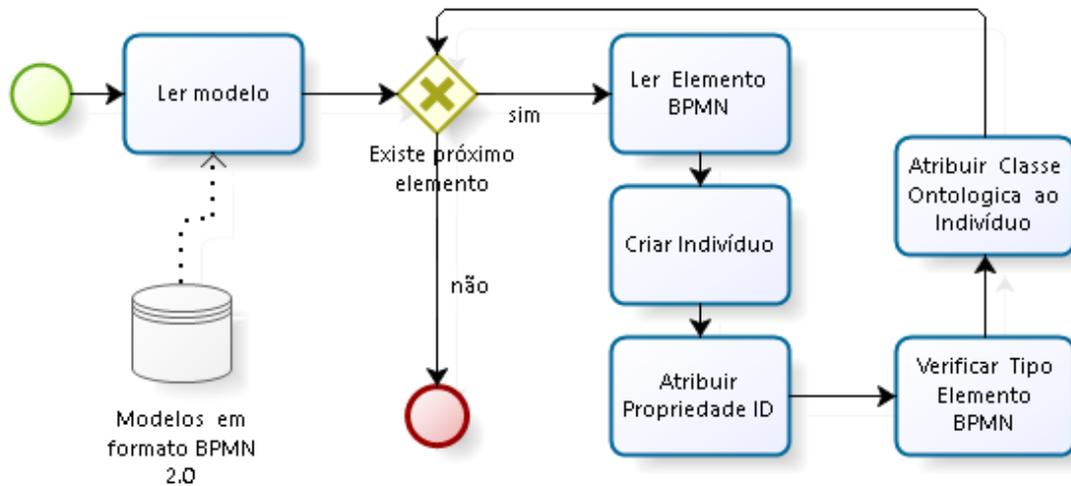
A Figura 3.3 mostra um exemplo do elemento BPMN *Task* representado em BPMN 2.0 e em *BPMN Ontology*.

BPMN Ontology foi escolhida para representar os modelos de processos de negócio porque provê uma descrição formal das classes e dos atributos para todos os elementos de BPMN, e define em quais condições os elementos podem ser combinados para a descrição do processo de negócio BPMN (ROSPOCHER; GHIDINI; SERAFINI, 2014). A *BPMN Ontology* foca na formalização da representação gráfica da BPMN, que a relaciona diretamente com os propósitos deste estudo, que tem por objetivo verificar o uso de técnicas de modelagem através de modelos criados com um editor gráfico de BPMN.

A certificação das 7PMG pode ser utilizada na modelagem dos BPMN e auxilia na correção dos modelos.

No ambiente acadêmico pode ser utilizada em cursos de modelagem de processos

Figura 3.2: Subprocesso Popular Ontologia



Fonte: Autores

Figura 3.3: Elemento *Task* em BPMN 2.0 e OWL

```

<task id="Id_044afd8f-98ca-4554-96fb-ed915f0c84b5" name="Abrir Inscrições">
  <documentation />
  <incoming>Id_27cd50d1-0c01-4f2e-9463-4075d092c0b9</incoming>
  <outgoing>Id_9ebc3229-7acb-40ae-ae51-c3433e7b2118</outgoing>
</task>

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://dkm.fbk.eu/index.php/BPMN2_Ontology#Id_044afd8f-98ca-4554-96fb-ed915f0c84b5">
  <rdf:type rdf:resource="http://dkm.fbk.eu/index.php/BPMN2_Ontology#task"/>
  <name rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Abrir Inscrições</name>
  <incoming rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Id_27cd50d1-0c01-4f2e-9463-4075d092c0b9</incoming>
  <outgoing rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Id_9ebc3229-7acb-40ae-ae51-c3433e7b2118</outgoing>
</owl:NamedIndividual>

```

Fonte: Autores

de negócio, auxiliando os alunos no entendimento de boas práticas de modelagem de processos de negócio.

Em ambiente empresarial, pode ser utilizada para revisar grandes repositórios de processos e selecionar os modelos de processos de negócio que indicam ter problemas na qualidade pragmática. Estes arquivos BPMN com indicação de problemas podem ser revisados por *stakeholders* e analistas de processos para corrigir os problemas de modelagem.

3.2 Aplicando a Abordagem Proposta na Prática

Esta seção descreve de forma detalhada as etapas necessárias para executar o modelo descrito na Figura 3.1. Criar Modelos: Os modelos BPMN devem ser criados em

um editor BPMN que possa exportar os formato BPMN 2.0. O formato BPMN 2.0 é baseado em um XMLSchema, simplificando a implementação de interfaces para os vários sistemas. Os sistemas, em geral, não são diretamente compatíveis apesar de utilizarem o formato BPMN 2.0 (OMG, 2013). Ler Modelo BPMN: Lê o arquivo BPMN Verificar Indicadores: Com base em trabalhos anteriores ((MENDLING, 2008b); (RECKER, 2011); (MENDLING et al., 2012)) foram estabelecidos parâmetros para verificar se as 7PMG estão senão atendidos na implementação dos modelos de processos de negócio. A tabela 3.1 apresenta os parâmetros que foram utilizados para verificar a implementação do modelo:

Tabela 3.1: Indicadores Utilizados

7PMG	Indicador	Ação Indicada
G1	-	Subdividir o modelo de processos com muitos elementos
G2	Quant. de <i>Sequence Flow</i> >7	Reduzir a quantidade de caminhos
G3	StartEvent >1 ou EndEvent >1	Reestruturar o modelo para diminuir o número de StartEvent/EndEvent
G4	Split != Join	Reestruturar o modelo para haver o mesmo numero de splits e joins do mesmo tipo
G5	Quant. Elementos OR >0	Reestruturar o modelo removendo os OR
G6	-	Colocar no Formato Verbo-Objeto
G7	Número de Elemento >50	Decompor o modelo

Fonte: Dumas et al. (2013)

Estender Ontologia e Extrair Elementos dos Modelos: Em uma ontologia um objeto pode pertencer a diversas classes; e cada classe pode ter propriedades associadas.

A extração de elementos BPMN é baseada na ontology BPMN *Ontology*. As características da BPMN *Ontology* foram detalhadas na subseção 2.4.3.

A extração dos elementos do modelo de processo é realizada através do *plug-in* desenvolvido em java com o auxílio da biblioteca OWL-API (HORROCKS; PATEL-SCHNEIDER; HARMELEN, 2003), este programa lê o arquivo no formato BPMN 2.0 criado por um editor gráfico de BPMN. O programa foi incorporado ao editor *Protégé* como um *plug-in*, sendo que cada instância de elemento BPMN é inserido na ontologia como um indivíduo *NamedIndividual* com a propriedade "id".

O valor da propriedade "id" é único por modelo e está presente em todos elementos em modelos BPMN, sendo utilizado como referência para verificação do número de indivíduos, número de entradas e saídas dos fluxos nos elementos.

Os elementos do modelo de processo de negócio são convertidos para a estrutura

da ontologia através de um mapeamento semântico. Os elementos do modelo BPMN são mapeados na *BPMN ontology* conforme descrito abaixo e apresentado na tabela 3.2:

- **Tipo de elemento BPMN** tem a mesma função de uma classe, em uma linguagem orientado à objetos, são padrões para criação de objetos.
- **Elemento BPMN Instanciado** é um indivíduo de um tipo de elemento bpmn e tem a mesma função de um objeto.
- **Atributo do elemento BPMN** é equivalente uma propriedade de um indivíduo.
- **Valor do atributo do elemento** é equivalente ao valor de um atributo de um indivíduo.

Tabela 3.2: Mapeamento BPMN - Ontologia

BPMN	Ontologia	Exemplo
Tipo de elemento	classe da OWL (<i>Class</i>)	Task, gateway, XOR
Elemento Instanciado	indivíduo (<i>NamedIndividual</i>)	Tarefa1: Verificar Pedido
Atributo	propriedade do objeto (<i>Object Property</i>)	Label="name"
Valor do atributo	propriedade de dado (<i>Data Property</i>)	name:String="Tarefa 1:" Verificar Pedido"

Fonte: Autores

Após todos os elementos do BPMN serem instanciados é possível utiliza um mecanismo de inferência do editor Prótegé, por exemplo, Pellet, Racer Pro, FACT++, Hermit para verificar se a ontologia estendida continua válida (KOSSAK et al., 2014).

3.3 Limites da Abordagem

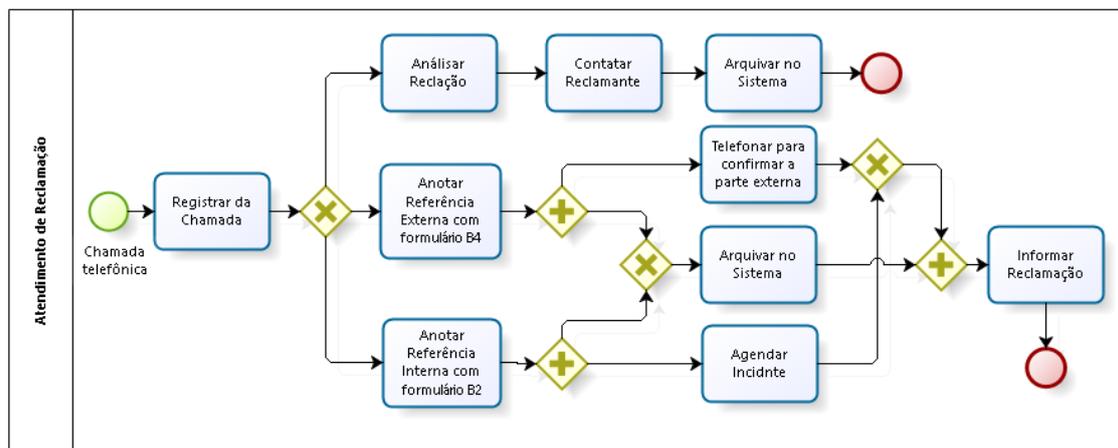
Os indicadores <G1> utilizar o menor número de elementos e <G6> Colocar no Formato Verbo-Objeto não puderam ser utilizadas porque a complexidade de utiliza-la excede as possibilidades deste trabalho. As sub-seções 3.3.1 e 3.3.2 mostram as complexidade do uso destes indicadores.

3.3.1 Indicador <G1>: Utilizar o Menor Número de Elementos Possível

Utilizar o menor número de elementos possível não é apenas uma questão de verificar se o número de elementos é maior que um determinado valor e sugerir a redução.

O modelo da Figura 3.4 mostra um modelo de processo BPMN que utiliza um número relativamente pequeno de elementos.

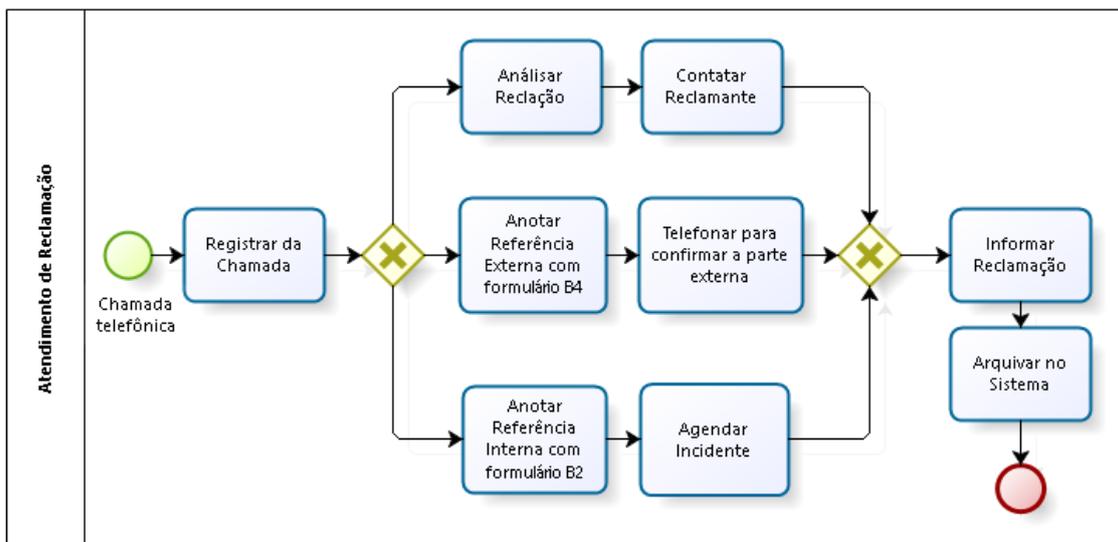
Figura 3.4: G1 com Problema



Fonte: adaptado de Dumas et al. (2013)

Mas o processo não pode ter sua complexidade reduzida apenas diminuindo o número de elementos, conforme é mostrado no modelo da Figura 3.5.

Figura 3.5: G1 sem problema



Fonte: adaptado de Dumas et al. (2013)

A forma de reduzir a complexidade do modelo de processo apresentado na Figura 3.4 excede o escopo deste estudo, pois é necessário que o sistema entenda o contexto do processo de negócio para verificar se o número de elementos é mínimo.

3.3.2 Indicador <G6> :Utilizar o Rótulo no formato Verbo-Objeto

A sexta boa prática de modelagem de processos de negócio (G6) indica que os rótulos das tarefas deve estar no formato verbo-objeto. A verificação G6 excede o escopo deste trabalho porque exige a análise do discurso utilizando de Processamento de Linguagem Natural de Linguagem (NPL) (GASSEN et al., 2014).

3.4 Conjunto de Testes do Plug-in

O *plug-in* foi testado utilizando um conjunto de modelos de processos de negócio com e sem problemas em relação as 7PMG para verificar se o software detecta os problemas nos modelos. Para cada um dos indicadores analisados neste trabalho foi implementado um modelo com o problema e um modelo sem o problema baseado na literatura (DUMAS et al., 2013), (??). Os modelos foram criados para testar apenas os indicadores que são objetivo deste estudo (G2, G3, G4, G5 e G7). O projeto está disponível para download no repositório de software *GitHub* <www.github.com/valtergoldberg/dissertacaomestrado>.

Para exemplificar os testes será utilizado a *guideline* 4 (G4) que indica que para um modelo estar bem estruturado cada *gateway split* (AND *split*, XOR *split*, OR *split*) deve haver um *gateway join* do mesmo tipo.

Conforme a regra G4, o modelo na Figura 3.6 apresenta o problema de não existir um XOR Join para cada XOR Split. A regra G4 é verificada através do pseudo-código na tabela 3.3:

Tabela 3.3: Descrição do Elementos da Expressão Booleana

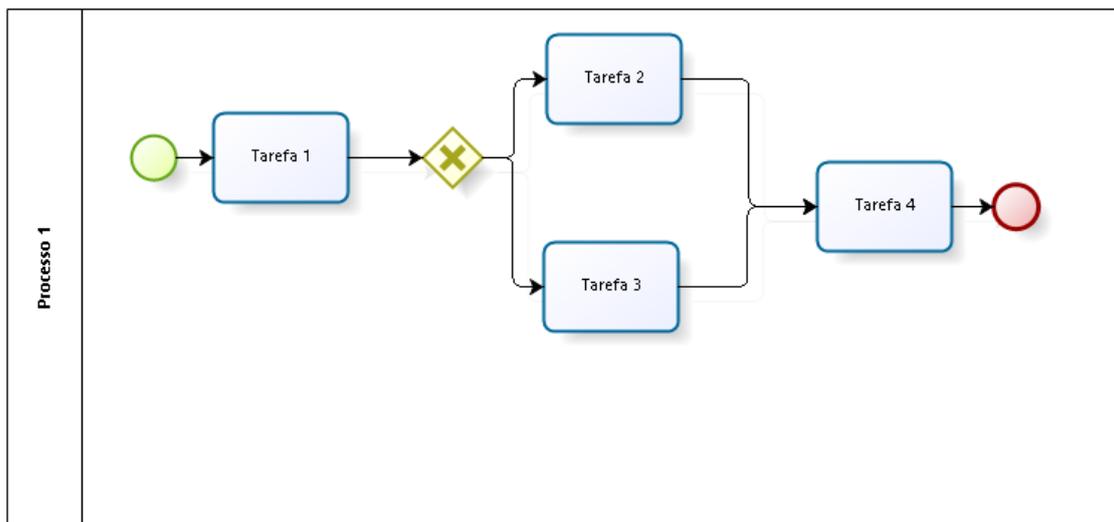
Variável	Descrição
quantidadeAndJoin	quantidade de <i>gateways AND Join</i>
quantidadeAndSplit	quantidade de <i>gateways AND Split</i>
quantidadeOrJoin	quantidade de <i>gateways OR Join</i>
quantidadeOrSplit	quantidade de <i>gateways OR Split</i>
quantidadeXorJoin	quantidade de <i>gateways XOR Join</i>
quantidadeXorSplit	quantidade de <i>gateways XOR Split</i>

Fonte: Autores

No modelo da Figura 3.6 foi inserido propositalmente um problema, falta um *XOR join*, para verificar se o indica o problema de modelagem, a falta de conformidade com a

boa prática G4. Este teste indicou problema de modelagem na prática G4, a necessidade de outro elemento XOR Join. No modelo da Figura 3.7 o problema de modelagem foi corrigido, e não resultou mais em indicações de problemas.

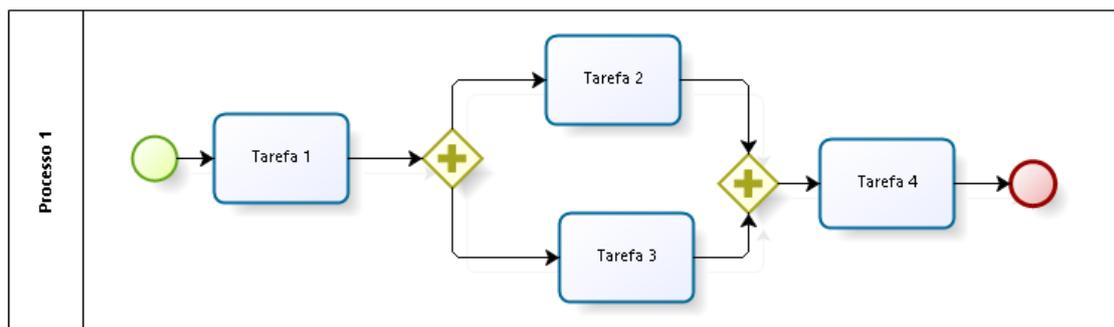
Figura 3.6: G4 O modelo não tem o mesmo número de *Gateways Splits e Joins de um tipo*



Fonte: Autores

O modelo na Figura 3.6 tem o mesmo número de *Gateways Splits e Joins de um tipo plug-in*.

Figura 3.7: G4 Reestruturar o modelo para haver o mesmo número de *splits e joins* do mesmo tipo



Fonte: autores

Foi criado um conjunto de modelos BPMN para testar as condições de funcionamento, cada linha da tabela 3.4 representa um modelo. A tabela 3.4 indica quais *gateway* que foram utilizados nos processos e qual foi o resultado do teste para o indicador G4. A primeira parte da tabela 3.4 testa para *gateways Join* seguidos de *gateways Split* a segunda parte da tabela (a partir de sétima linha da tabela) os modelos começam por *gateways Split* seguido de *gateways Join*.

Tabela 3.4: Condições no qual foi testado G4

Gateway	Join	Split	Saída
* XOR	x	x	true
AND	x	x	true
OR	x	x	true
* XOR	x		false
AND	x		false
OR	x		false
Gateway	Slip	Join	Saída
XOR	x	x	true
AND	x	x	true
OR	x	x	true
XOR	x		false
AND	x		false
OR	x		false

A regra G2 garante que o número de fluxos que passa por cada elemento é igual ou menor que sete. Os indicadores G2, G3, G4, G5, G7 também foram testadas.

3.5 Plug-in

O *plug-in* para a verificação das boas práticas utilizou o modelo MVC apresentado na Figura 3.8. Foram definidos dois pacotes java: `br.ufrgs.bpmn.popular` e `br.ufrgs.bpmn.view`. O pacote `popular` contém as classe de controle e modelo e o pacote `view` contém as classes que definem as classes que irão interagir editor *Protégé*. As duas classes que controlam a verificam as boas práticas são `popular` e `bpmn` (classes *controller*, estas classes são responsáveis pela verificação dos indicadores de boas práticas de modelagem. As classe responsáveis pela apresentação do dados fazer a adaptação das classe visuais java da biblioteca `javax.swing` ao editor *Protégé*. Os indicadores estabelecidos e os resultados obtidos são informados por uma *Graphical Unit Interface* (GUI) incorporada ao editor *Protégé*. A tabela 3.5 apresenta as classes do *plug-in* desenvolvido.

O *plug-in* foi desenvolvido é utilizada a biblioteca OWL-API (HORROCKS; PATEL-SCHNEIDER; HARMELEN, 2003). A OWL-API dá suporte a:

1. **Gerenciamento de Ontologias:** criar, carregar e salvar ontologias
2. **Suporte a mudanças:** mudanças nos objetos para adição e retirada de axiomas, suporte a *listener* para a mudança em objetos da ontologia
3. **Suporte único as tarefas:** validação sintática, métricas e normalização

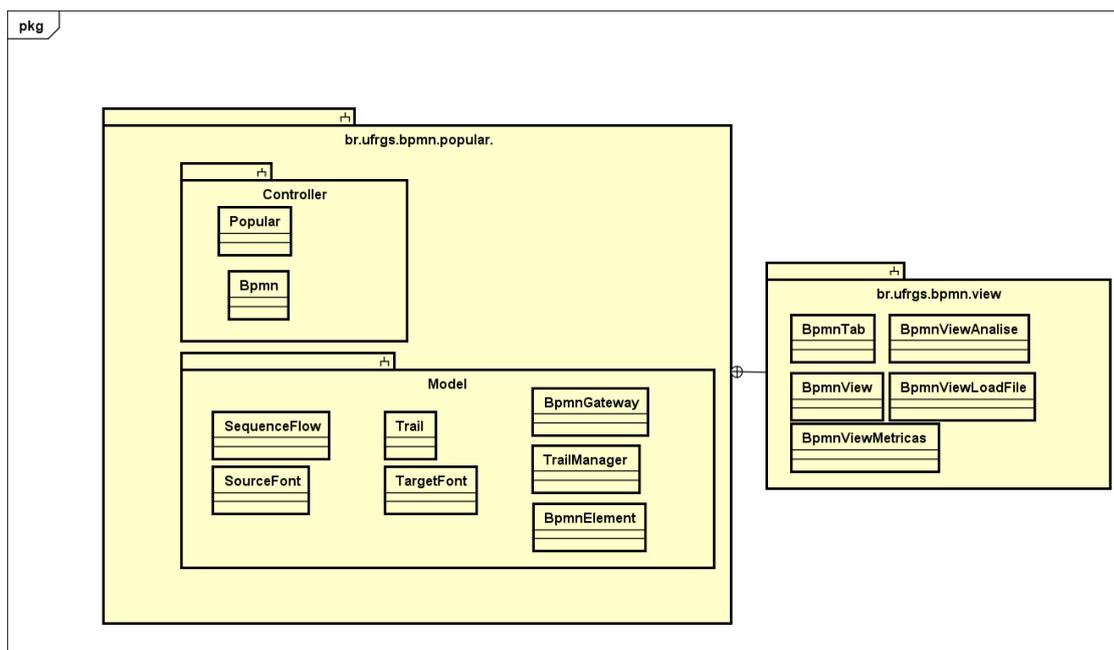
4. **Suporte a mecanismos de Inferência:** interfaces comuns aos mecanismos e as operações de inferências

Tabela 3.5: Package popular

Classe	Descrição
Bpmn	Representa Modelo BPMN
BpmnElement	Representa um Elemento BPMN
BpmnGateway	Representa um Elemento BPMN Gateway: Join or Split
Popular	Preenche uma Ontologia
SequenceFlow	Representa os Fluxo de Sequencia
SourceFont	Representa a links de entrada em um BpmnElement
TargetFont	Representa as saídas do BpmnElement
BpmnGateway	Representa os <i>Gateways OR, XOR e AND</i>
BpmnTab	Classe que adapta classes as Views as Abas do Editor <i>Protégé</i>
BpmnView	Classe que adapta classes javax aos Views do Editor <i>Protégé</i>
BpmnViewAnalise	Extensão da Classe JPanel para analise das métricas
BpmnViewLoadFile	Extensão da Classe JPanel para carregamentos do Arquivo
BpmnViewMetricas	Extensão da Classe JPanel para visualização dos Indicadores

Fonte: Autores

Figura 3.8: Diagrama de Classe



Fonte: autores

3.6 Resumo da Proposta

Certificar a utilização de boas práticas de modelagem de processos de negócio utilizando como indicadores as 7PMG (MENDLING; REIJERS; AALST, 2010). Os indicadores G1 e G6 de de Mendling não foram utilizados por excederem o escopo do trabalho. Foi desenvolvido um *plug-in* para verificar uso das boas práticas de modelagem que utiliza uma ontologia verificar a integridade do modelo.

4 EXEMPLO DE APLICAÇÃO

O objetivo do exemplo de aplicação neste capítulo foi utilizar o *plug-in* desenvolvido, no contexto deste trabalho para verificar se um conjunto de modelos de processo específico é aderente as boas práticas de modelagem apresentadas no capítulo 2. Este estudo de caso foi realizado tendo como base processos de negócio, modelados por alunos de graduação e pós-graduação, do curso de Ciência da Computação, na disciplina de Modelagem e Gerenciamento de Processos de Negócio de uma Universidade Pública Federal. Durante o estudo de caso foram testados os modelos desenvolvidos pelos alunos, para verificar se tais modelos seguem as boas práticas de modelagem (G2, G3, G4, G5 e G7). Devido as razões explicadas na seção 3.3, as boas práticas G1 e G7 não serão testadas.

No contexto da disciplina referida foram realizadas as fases do ciclo de vida de BPM (figura 2.1) referentes a: 1. **Identificação dos principais processos existentes na organização** e 2. **Descoberta do processo** (criação do modelo *as-is*). Através destas fases foram escolhidas algumas áreas da organização e priorizados os processos mais críticos ou que agregam mais valor as atividades desenvolvidas.

Os alunos modelaram 31 processos em BPMN, como base reuniões com os *stakeholders* para melhor entender os processos. Após o ciclo inicial de reuniões com *stakeholders*, foram realizadas reuniões complementares para verificar se o modelo de processo de negócio que estava em desenvolvimento representava precisamente sua execução na prática. No término desta etapa houve uma reunião final, na qual os principais *stakeholders* de cada área validaram os modelos de processo.

A correção e a verificação da qualidade sintática da modelagem destes processos foi feita pela professora da disciplina, em uma discussão com a turma dos principais desafios na modelagem.

A qualidade semântica dos processos modelados foi garantida por uma construção interativa com os *stakeholders*. Os processos foram discutidos e corrigidos com os principais *stakeholders* até serem validados, e estão corretos sintática e semanticamente. Estas duas etapas garantiram as qualidades sintáticas e semânticas necessárias, mas a verificação da qualidade pragmática depende da certificação do entendimento de novos usuários do modelo. A verificação da qualidade pragmática é chamada certificação, e precisa ser realizada através de testes com pessoas que não tem conhecimento prévio do processo, de forma a verificar se o processo é compreensível por novos usuários.

Encontrar usuários que ainda não utilizam o processo para realização de experimentos é difícil. Por isso, é importante pré-selecionar modelos de processo que podem ser difíceis de compreender, para diminuir a quantidade de modelos de processo a ser verificada a qualidade pragmática. Neste contexto, avaliar se os modelos seguem boas práticas de modelagem pode colaborar na certificação da qualidade pragmática, pois se o modelo seguir boas práticas de modelagem é menos influenciado pelo subjetivismo do modelador (MENDLING, 2008b).

4.1 Descrição Estatística da Amostra

Os testes apresentados nesta seção foram baseados em 31 modelos de processos citados na seção anterior. A amostra da população de processos é caracterizada a partir da estatística descritiva ¹ dos principais elementos dos processos ou *Bpmn Elements*. As medidas de posição e de dispersão em relação ao conjunto modelos de processo analisados caracterizam o contexto dos testes (MILONE, 2004).

Medidas de Posição e Dispersão:

1. Média aritmética (\bar{x}): é a soma de todos os valores observados dividido pelo número total de observações. ($\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$)
2. Moda (M_o): é o valor que apresenta a maior frequência da variável entre os valores observados.
3. Mediana (M_e): A mediana é o valor da variável que ocupa a posição central de um conjunto de n dados ordenados.
4. Amplitude total de um conjunto de dados: é a diferença entre o valor máximo e o mínimo observado.
5. Variância da amostra: mostra quão distantes os valores estão da média.

$$s^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

6. Desvio padrão amostral de um conjunto de dados: é igual à raiz quadrada da variância amostral.

$$\sqrt{s^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

¹O objetivo básico é o de sintetizar uma série de valores de mesma natureza, permitindo dessa forma que se tenha uma visão global da variação desses valores (MILONE, 2004).

4.2 Medidas

As tabelas 4.1, 4.2, 4.3 descrevem estatisticamente o tipos de elementos notacionais (ex: *task*, *gateway*, etc) encontrados nos modelos de processo BPMN. A tabela 4.1 descreve a utilização dos Elementos *StartEvent* e *EndEvent* procurando estabelecer o contexto do teste da boa prática G3, a qual recomenda que o modelo deve ter apenas um elemento *StartEvent* e um elemento *EndEvent*.

Os valores da média aritmética, mediana e moda informam sobre diferentes aspectos da amostra. A média aritmética mostra que em muitos modelos de processo BPMN existem mais de um *StartEvent* e um *EndEvent*. A moda mostra que o valor mais frequente é de um *StartEvent* e um *EndEvent*. A mediana mostra que a medida central é de dois *StartEvent* e dois *EndEvent* em cada modelo de processo BPMN. Essa distorção é porque alguns dos modelo de processo analisados apresentam subprocessos que têm elementos de *startEvent* e *endEvent*. A descrição estatística oferece um melhor entendimento do conjunto dos dados em análise e a possibilidade de corrigir distorções. Por exemplo, para eliminar a distorção causada pelos subprocessos o *plug-in*, conta os *startEvent* e *endEvent* dos subprocessos e subtrai do total de *startEvent* e *endEvent*.

Tabela 4.1: Descrição Estatística dos Elementos *StartEvent* e *EndEvent*

Estatística descritiva	StartEvent	EndEvent
Média	1.870967742	1.935483871
Erro padrão	0.158907124	0.160211445
Mediana	2	2
Moda	1	1
Desvio padrão	0.884757424	0.892019576
Variância da amostra	0.782795699	0.795698925
Mínimo	1	1
Máximo	4	4

Fonte: Autores

A tabela 4.2 apresenta uma comparação da descrição estatística dos quatro tipos de tarefas encontrados no modelos de processo analisados (*Task*, *SendTask*, *ReceiveTask* e *UserTask*). O elemento de processo *Task* é o mais utilizado porque tem uma semântica mais abrangente do que o *SendTask*, o *ReceiveTask* e o *UserTask*, os quais são especializações do elemento *Task* por isso a variância amostral do elemento *task* é muito maior que a das formas especializadas.

O elemento *task*, na maior parte dos casos, pode substituir as formas mais especi-

Tabela 4.2: Descrição Estatística dos Elementos Task, SendTask, ReceiveTask e UserTask

Estatística descritiva dos Elementos	Task	SendTask	ReceiveTask	UserTask
Média	9.774193548	0.161290323	1.225806452	0.741935484
Erro padrão	1.490983422	0.093863023	0.524065328	0.365053368
Mediana	9	0	0	0
Moda	0	0	0	0
Desvio padrão	8.301444362	0.522607194	2.917872255	2.03253113
Variância da amostra	68.91397849	0.27311828	8.513978495	4.131182796
Mínimo	0	0	0	0
Máximo	43	2	12	8

Fonte: Autores

alizadas (*sendTask*, *receiveTask*, *scriptTask*, *manualTask*, *userTask*), mas estes elementos têm uma carga semântica maior e contribuem com informações importantes para o melhor entendimento do processo.

Os valores de mínimo e máximo informam a menor e a maior quantidade de um elemento de processo presente nos modelos, respectivamente.

A tabela 4.3 apresenta o uso dos elementos *gateways*: *ExclusiveGateway*, *ParallelGateway*, *InclusiveGateway*. Os *gateways* são elementos que participam em tomadas de decisão no fluxo do processo. O *ExclusiveGateway* é o mais utilizado e tem a semântica de uma operação lógica *XOR*. A semântica do *ParallelGateway* é a mesma de uma operação lógica *AND*, sendo que o uso destes dois *gateways* não insere ambiguidade no processo.

De forma contrária, o uso do *inclusiveGateway*, que tem a semântica de uma operação *OR*, insere ambiguidade nos modelos de processo BPMN, podendo criar problemas tais como: *Deadlocks*, *Lifelocks*, *Lack of Synchronization* (LEOPOLD; SMIRNOV; MENDLING, 2012) (SOFFER; KANER, 2011). Para evitar estes problemas, a boa prática G5 de modelagem de processos recomenda que seja evitado o uso deste *gateway*.

4.3 Discussão do Resultados

Através do *plug-in* desenvolvido para o Editor *Protégé*, cada processo foi certificado em relação as boas práticas de modelagem (G2, G3, G4, G5 e G7) obtendo-se os dados da tabela 4.4.

Tabela 4.3: Descrição Estatística dos Elementos Gateway Exclusive (XOR), Parallel (AND) e Inclusive (OR)

Estatística descritiva dos Elementos	ExclusiveGateway	ParallelGateway	InclusiveGateway
Média	4.741935484	1.225806452	0.290322581
Erro padrão	0.668761883	0.310080383	0.155152013
Mediana	4	0	0
Moda	6	0	0
Desvio padrão	3.723508578	1.726454506	0.863849848
Variância da amostra	13.86451613	2.980645161	0.746236559
Mínimo	0	0	0
Máximo	15	6	4

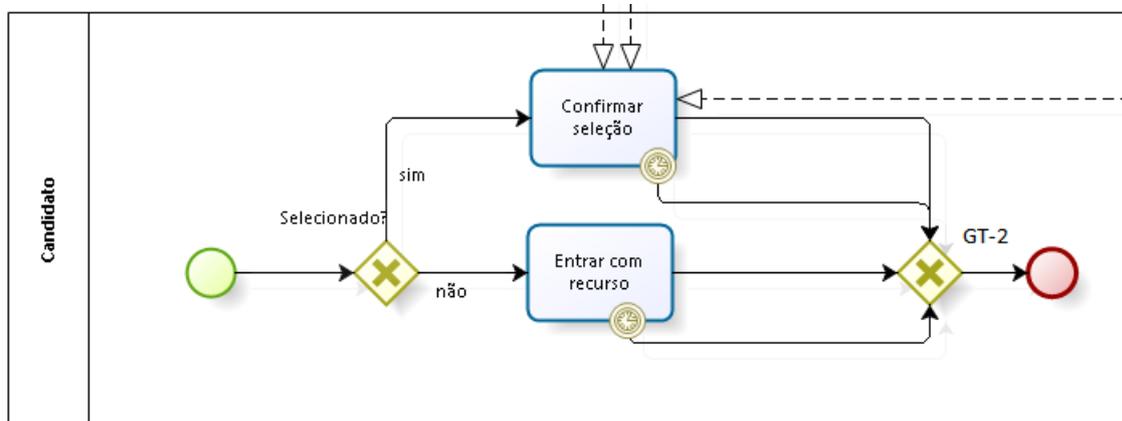
Fonte: Autores

4.3.1 Verificação da Boa Prática G2

A boa prática G2 recomenda: **Minimize o número de caminhos por elemento**. Apenas dois processos *SelecaoMestrado* e *Defesa* apresentaram excesso de entradas e saídas.

No processo *SelecaoMestrado* a parte do processo em que ocorre o problema é mostrada na Figura 4.1. O gateway *GT-2* tem 5 fluxos (*sequenceFlow*): 4 entradas e 1 saída. A semântica desta parte do processo não é clara, porque nas tarefas **Confirmar Seleção** e **Entrar com Recurso**, para cada um dos elementos existem duas saídas para o mesmo componente XOR (*gateway GT-2*). Uma saída por tempo e outra por ação (Confirmar seleção ou Entrar com Recurso).

Figura 4.1: Visão Parcial do Processo Seleção do Mestrado

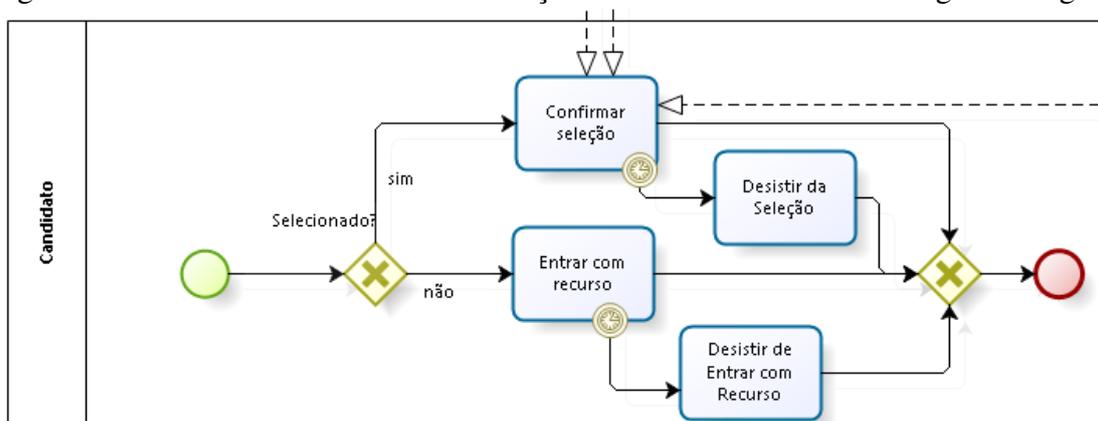


Fonte: conjunto de processos de uma Universidade Pública Federal

Há um problema de qualidade pragmática na modelagem deste processo que deixa

a semântica do processo ambígua. Com essa situação pode ser entendido que as tarefas **Confirmar Seleção** ou **Entrar com Recurso** ocorrem por ação do candidato ou no término do tempo independente de ação do candidato. Essa interpretação não está correta, o entendimento correto é que após decorrido o prazo legal, o candidato perde a vaga (se não confirmar) e perde o direito de entrar com um recurso (se não observar o prazo). Para corrigir este problema, tal como evento disparado por tempo uma alternativa é realizar uma tarefa (*scriptTask*), tal como: "desistir da matrícula" ou "desistir do recurso", tornando claro quais são as saídas das tarefas **Confirmar Seleção** ou **Entrar com Recurso**. A Figura 4.2 mostra uma modelagem alternativa para o processo SelecaoMestrado.

Figura 4.2: Visão Parcial do Processo Seleção de Mestrado com a modelagem corrigida



Fonte: conjunto de processos de uma Universidade Pública Federal

Outro processo que apresentou problema com a boa prática G2 foi o Defesa.bpmn. Esse processo descreve as tarefas necessárias para a realização de uma banca de avaliação da pós-graduação, conforme a Figura 4.3.

A revisão do processo Defesa, com indicação do problema de excesso de entradas e saídas em elementos, mostra que a modelagem pode ser simplificada. A região entre o *gateway AND split* (GT-4) e o *gateway AND join* (GT-5), na Figura 4.3, é a entrada e a saída de um conjunto de tarefas que precisam estar concluídas para o dia da defesa. Estas tarefas podem ser representadas como um subprocesso "Preparar Banca", simplificando a modelagem. Além desta região, o processo também pode ser simplificado entre os *gateways AND split* (GT-1) e *AND join* (GT-2) transformando em um subprocesso "Enviar Correspondência". Estas modificações podem tornar a modelagem do processo principal mais simples e os detalhes isolados em subprocessos, facilitando a compreensão. A Figura 4.4 mostra estas alterações.

4.3.2 Verificação da Boa Prática G3

A boa prática G3 recomenda: **Usar apenas um elemento de início (*startEvent*) e um elemento de fim (*endEvent*).**

Conforme foi verificado na estatística descritiva dos elementos *startEvent* e *endEvent* na subseção 4.1, muitos processos apresentam mais de um elemento *startEvent* e um elemento *endEvent*. Isso ocorre porque o processo principal pode ter subprocessos que apresentam um elemento *startEvent* e um elemento *endEvent*. Para corrigir esta distorção e contar apenas os *startEvents* e *endEvents* referentes ao processo principal, o método *isG3* da classe BPMN do *plug-in* verifica se existem subprocessos no modelo BPMN. Os elementos *startEvent* e *endEvent* dos subprocessos não contados para verificação da boa prática G3.

O processo DisponibilizarServidorDMZ, apresentado na Figura 4.5, não está em conformidade com a boa prática G3. O processo é implementado como uma colaboração através de troca de mensagens entre 3 participantes separados em *pools*: usuário, professor responsável e rede. Cada *pool* representa um participante com ciclo de vida próprio, que deve ter início (*startEvent*), elementos intermediários (ex: tarefa e *gateway*) e fim (*endEvent*). A entidade Professor Responsável não tem *endEvent*, portanto tem um erro sintático. Para corrigir o erro sintático do processo, foi necessário acrescentar um *endEvent* na raia *Professor Responsável*, grifado em um retângulo.

Este mesmo processo poderia ter sido modelado dentro de uma única *pool*, significando que pertence a mesma unidade acadêmica. Neste caso, o relacionamento entre os participantes seria através de fluxos de sequência (*sequenceFlows*) e não haveria a necessidade de colocar um *endEvent* na raia (*Swimlane*) do participante "Professor Responsável".

4.3.3 Verificação da Boa Prática G4

A boa prática G4 recomenda: **Manter modelos de processo estruturados.** Um modelo é considerado estruturado quando para cada *Gateway Split* existe um *Gateway Join* do mesmo tipo (Ex: *exclusive*, *parallel* ou *inclusive*) (RECKER, 2011). Do total de 31 processos analisados, quase um terço (31,25%) não tem o mesmo número de *gateways split* e *gateways join* do mesmo tipo. Muitas vezes, devido a lógica do processo, não é possível utilizar estruturas que distribuem e sincronizam os caminhos do processo com

um *gateway*. Por exemplo, no processo de afastamento da Figura 4.6, a documentação de afastamento é submetida aos diversos níveis hierárquicos da organização, em cada novo nível, a documentação é conferida e a autorização é confirmada. Esta característica do modelo faz com que o mesmo tenha muitos *gateways XOR split* e poucos *gateways XOR join*, porque a cada nível hierárquico, ou a autorização é confirmada e o fluxo do processo segue para autorização no próximo nível, ou é negada e retorna para o nível anterior. Essa tomada de decisão é representada por um gateway XOR split.

Uma alternativa a esse processo de autorização, com um processo manual, é utilizar um sistema BPM que modele esta lógica de autorização. A digitalização e conferência da documentação pode ser feita no departamento de origem do processo. Após, o processo de autorização pode seguir todos os níveis hierárquicos sem haver retrabalho ou recusa por falta de documentação necessária. Neste caso, não existe um problema no processo, mas é possível uma otimização operacional através de automatização.

4.3.4 Verificação da Boa Prática G5

A boa prática G5 recomenda: **Evite o uso de *Gateways OR***. Apenas quatro processos utilizaram o *Gateways OR*: *OlimpiadaBrasileiraInformatica*, *DivulgacaoEstagio*, *ControlePontoSemanal* e *ProcessoMatricula*. A intenção deste teste é verificar o funcionamento do *plug-in* e indicar processos que podem ter uma melhora na modelagem.

No processo *ControlePontoSemanal*, apresentado na Figura 4.7, o *gateway OR* (GT-2) pode ser substituído por um *gateway XOR* sem prejuízo da semântica, porque a justificativa das faltas para a secretaria do PPGC, em geral, é feita apenas pelo professor ou pelo aluno bolsista. Esta substituição deixa o processo menos ambíguo, pois não há motivos para ambos (orientador e aluno bolsista) justificarem para a Secretaria do PPGC.

No processo *OlimpiadaBrasileiraInformatica.bpmn* o uso do *Gateway OR* (GT-2) está correto, porque o processo mostra que a escola pode participar de três formas: apenas nas provas de lógica, apenas nas provas de matemática e em ambas as provas. O *Gateway* que demonstra esta semântica é o *Gateway OR* conforme é apresentado na tabela 4.5.

A tabela representa as possibilidades da participação da universidade na Olimpíada Brasileira de Informática e segue as possibilidades com os valores: participar (1) e não participar (0). Apesar de não ser a forma recomendada na boa prática G5, neste caso o uso está adequado. Devido ao número de elementos do processo, a Figura 4.8 apresenta apenas a região do processo onde foi utilizado o *Gateway OR*.

O processo *DivulgacaoEstagio*, mostrado na Figura 4.9, utiliza um *Gateway OR* para mostrar que existem algumas vagas de estágio que podem ser preenchidas por alunos de graduação ou da pós-graduação.

Outra alternativa de modelagem é mostrada na Figura 4.10, este modelos privilegia a qualidade pragmática em detrimento da qualidade semântica. Esta modelagem não precisa utilizar *Gateways OR*.

Ambos modelos de processo BPMN estão corretos do ponto de vista sintático e semântico, mas fica clara a opção do modelador por um modelo mais detalhado em detrimento da simplicidade de compreensão. Neste sentido as escolhas subjetivas feitas pelo modelador (2.1.3) durante modelagem do processo, podem priorizar uma maior qualidade semântica ou uma maior qualidade pragmática.

4.3.5 Verificação da Boa Prática G7

A boa prática G7 recomenda: **Decomponha um modelo com mais de 50 elementos**. Nos testes desse trabalho, 8 processos apresentaram mais de 50 elementos. Em geral, é possível aumentar o nível de abstração agrupando tarefas semelhantes em subprocesso como foi feito no processo *Defesa*, mostrado nas figuras 4.3 e 4.4.

Modelos com muitos elementos são difíceis de visualizar integralmente, mesmo no computador. Isto dificulta o entendimento e a discussão para criar um novo modelo *to-be* (TURETKEN et al., 2016). Reestruturar o modelo para representá-lo com menos elementos facilita a visualização de todo o modelo. Além disso, dividindo-o em subprocessos é possível tratar em particular as partes mais complexas do modelo, diminuindo a complexidade total em partes relativamente desacopladas.

4.4 Resumo do Exemplo de Aplicação

O objetivo deste exemplo de aplicação foi verificar se é possível identificar problemas de modelagem, a partir de indicadores, em modelos BPMN representados em uma ontologia, utilizando um *plug-in* para editor Protégé para automatizar a identificação. Segundo as boas práticas de modelagem apresentadas no capítulo 2, nos 31 modelos de processos descritos nas seções iniciais do presente capítulo. Foi utilizada a estatística descritiva de alguns dos principais elementos de processo para compreender melhor

a contexto dos testes. Os resultados indicaram que vários problemas relacionados à qualidade pragmática dos processos, que são de difícil identificação, são evidenciados pela não aderência as boas práticas de modelagem.

Tabela 4.4: Resultados do Estudos de Caso

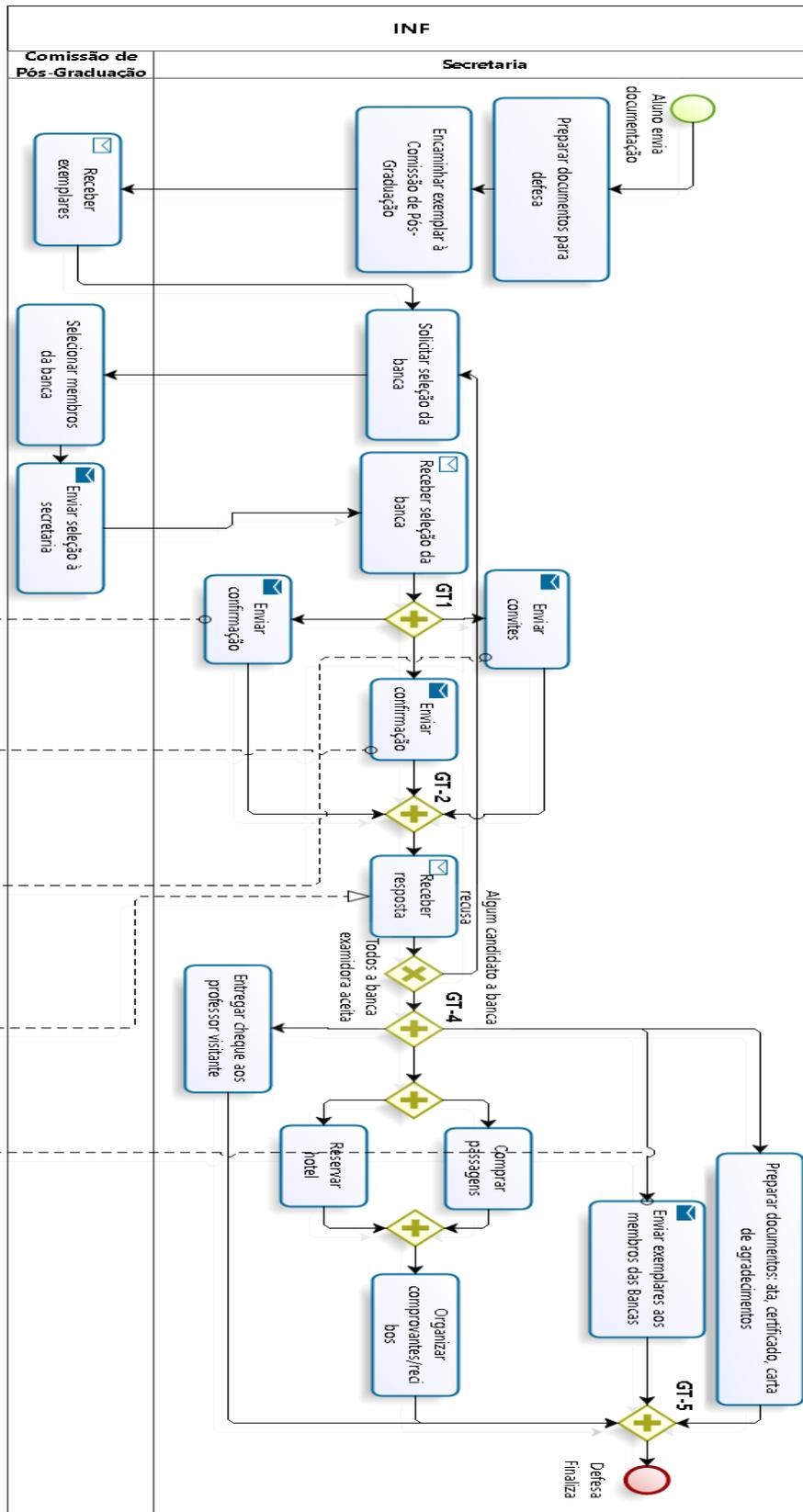
Processo	G2	G3	G4	G5	G7
Afastamento.bpmn	0	0	0	0	0
AlteracaoSenha.bpmn	0	0	0	0	0
AlunoEspecial.bpmn	0	0	1	0	1
AtualizacaoSistemaAlocacao.bpmn	0	0	1	0	0
Bolsa.bpmn	0	0	0	0	0
Cadastro.bpmn	0	0	1	0	0
ComissaoPesquisa.bpmn	0	0	0	0	1
ControlePontoDiario.bpmn	0	0	1	0	0
ControlePontoSemanal.bpmn	0	0	0	1	0
CriacaoConta.bpmn	0	0	1	0	0
Defesa.bpmn	1	0	0	0	1
Direcao.bpmn	0	0	0	0	1
DisponibilizarServidorDMZ.bpmn	0	1	1	0	1
DivulgacaoEstagio.bpmn	0	0	0	1	0
EsclarecimentoDuvida.bpmn	0	0	1	0	0
GabineteVago.bpmn	0	0	1	0	0
Inscricao.bpmn	0	0	0	0	0
MatriculaPosINF.bpmn	0	0	0	0	0
OferecimentoSemestralDisciplinas.bpmn	0	0	0	0	0
OlimpiadaBrasileiraInformatica.bpmn	0	0	0	1	1
PosEventoSBC.bpmn	0	0	1	0	0
PrestacaodeContas.bpmn	0	0	0	0	0
ProcessoComunicacao.bpmn	0	0	0	0	0
ProcessoMatricula.bpmn	0	0	0	1	1
ProgressaoFuncional.bpmn	0	0	0	0	0
SelecaoDoutorado.bpmn	0	0	1	0	0
SelecaoMestrado.bpmn	1	0	0	0	0
SolicitacaoEspaco.bpmn	0	0	0	0	0
SubstituicaoSwitches.bpmn	0	0	0	0	0
TransferenciaInterna.bpmn	0	0	0	0	0
TriRede.bpmn	0	0	0	0	1
Total	2	1	10	4	8

Fonte: Autores

Tabela 4.5: Descrição do Uso da Gateway OR

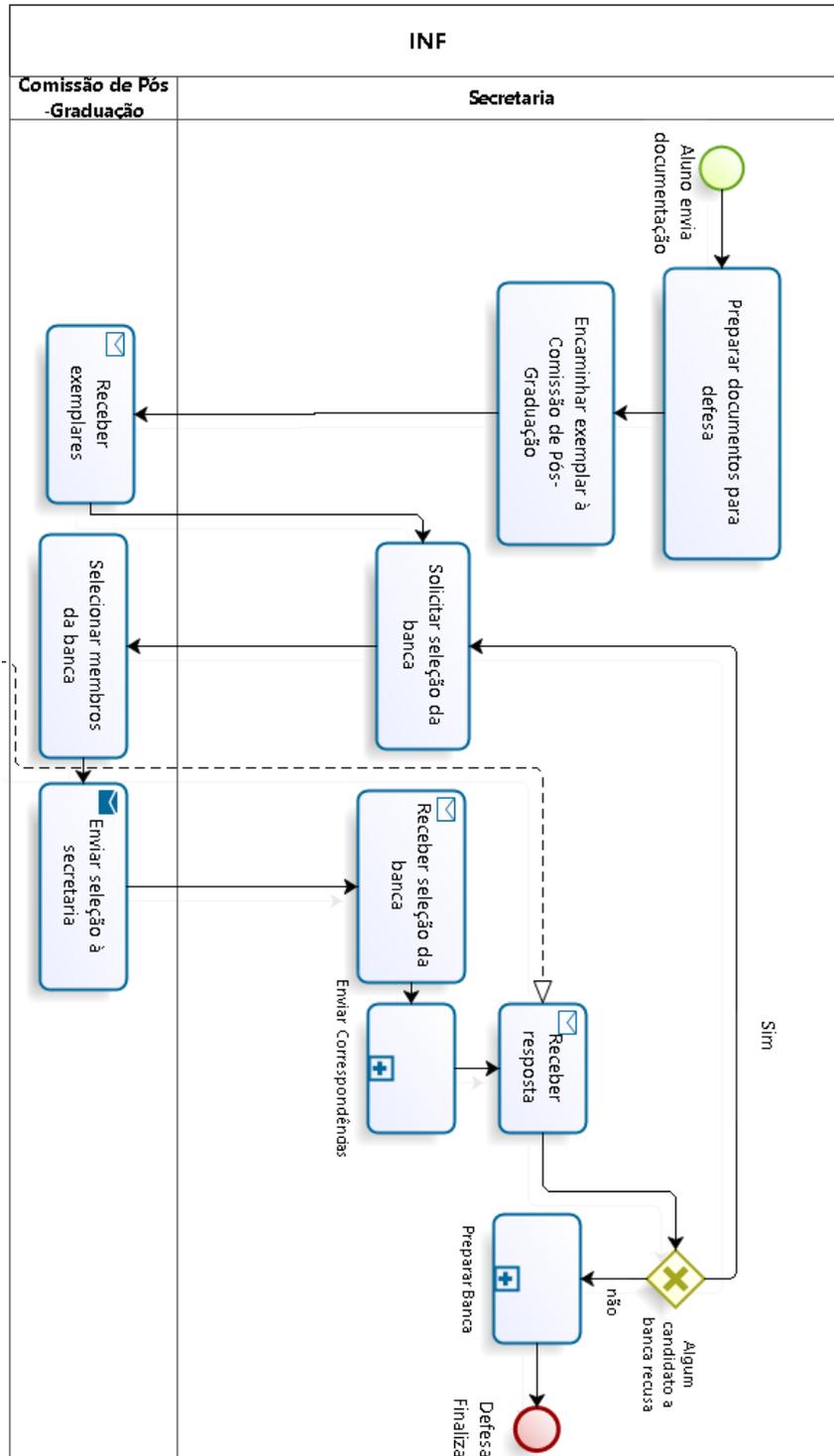
Prova de Lógica (p)	Prova de Programação (q)	p OR q
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

Figura 4.3: Processo Banca de Defesa



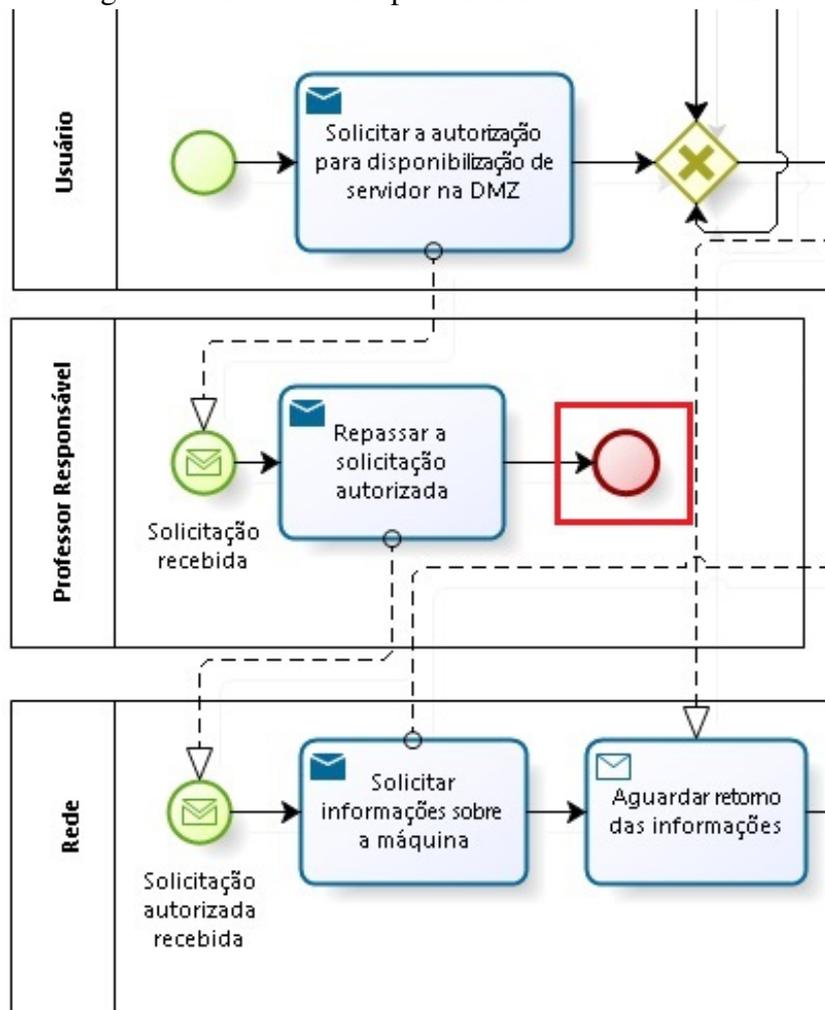
Fonte: conjunto de processos de uma Universidade Pública Federal

Figura 4.4: Processo Defesa Simplificado



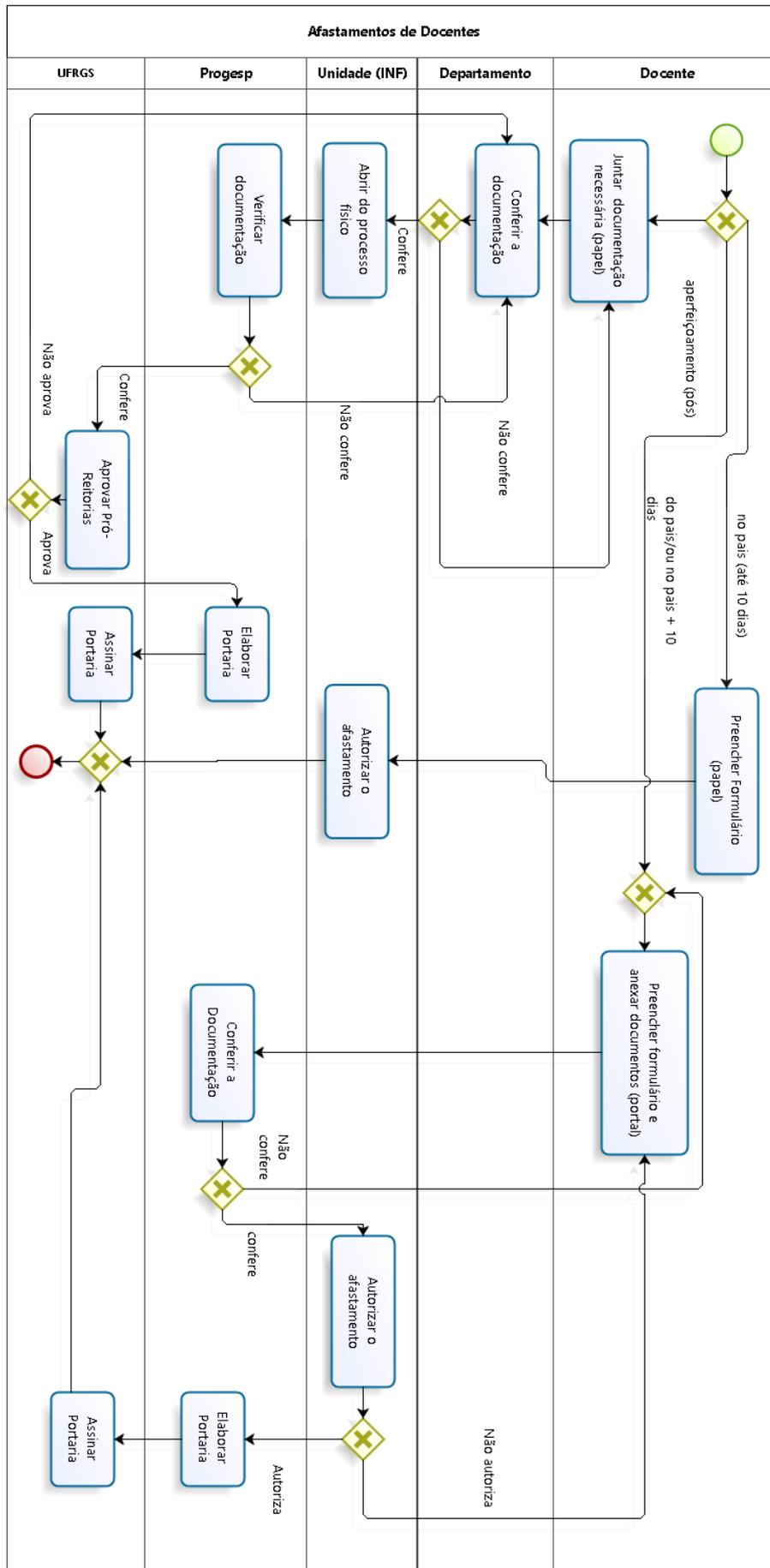
Fonte: conjunto de processos de uma Universidade Pública Federal

Figura 4.5: Processo Disponibilizar Servidor na DMZ



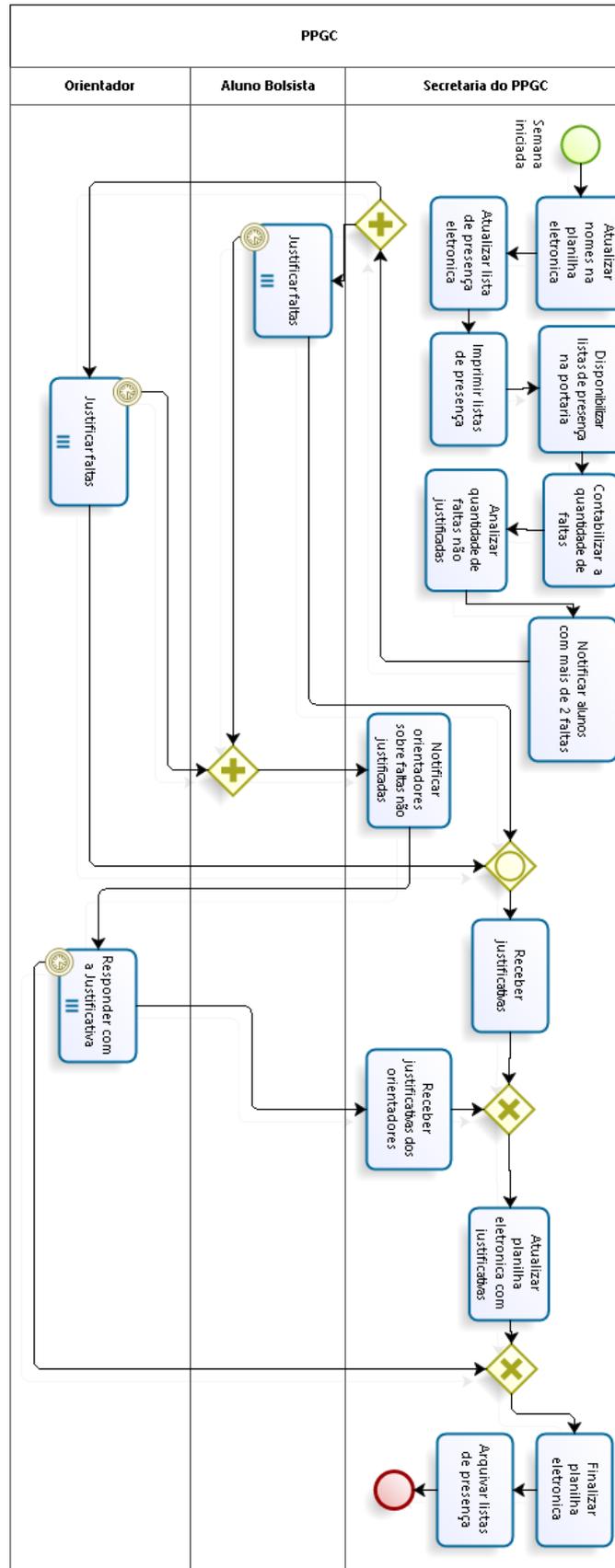
Fonte: conjunto de processos de uma Universidade Pública Federal

Figura 4.6: Processo de Afastamento



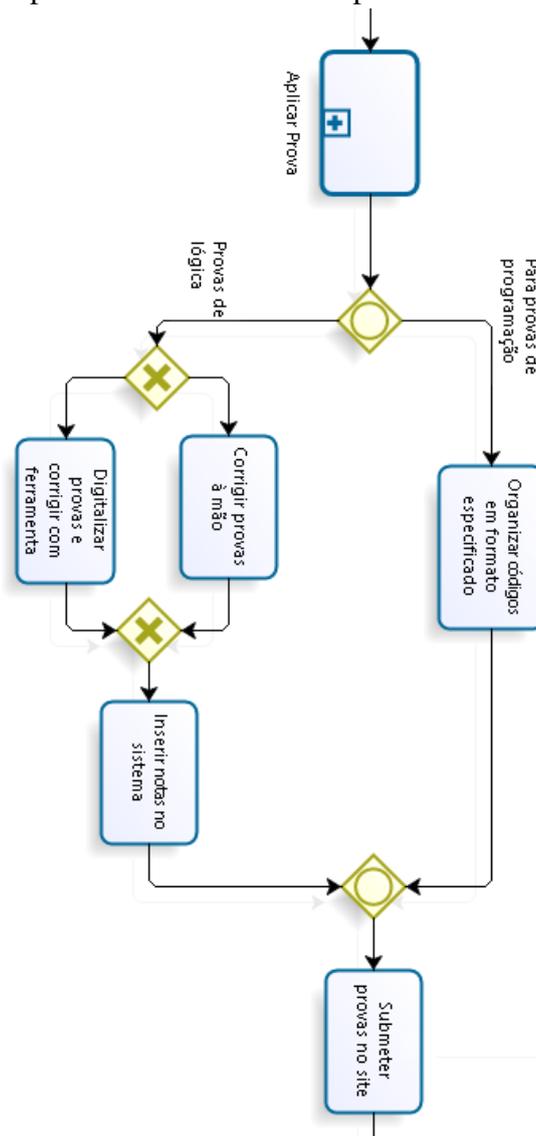
Fonte: conjunto de processos de uma Universidade Pública Federal

Figura 4.7: Processo Controle do Ponto Semanal



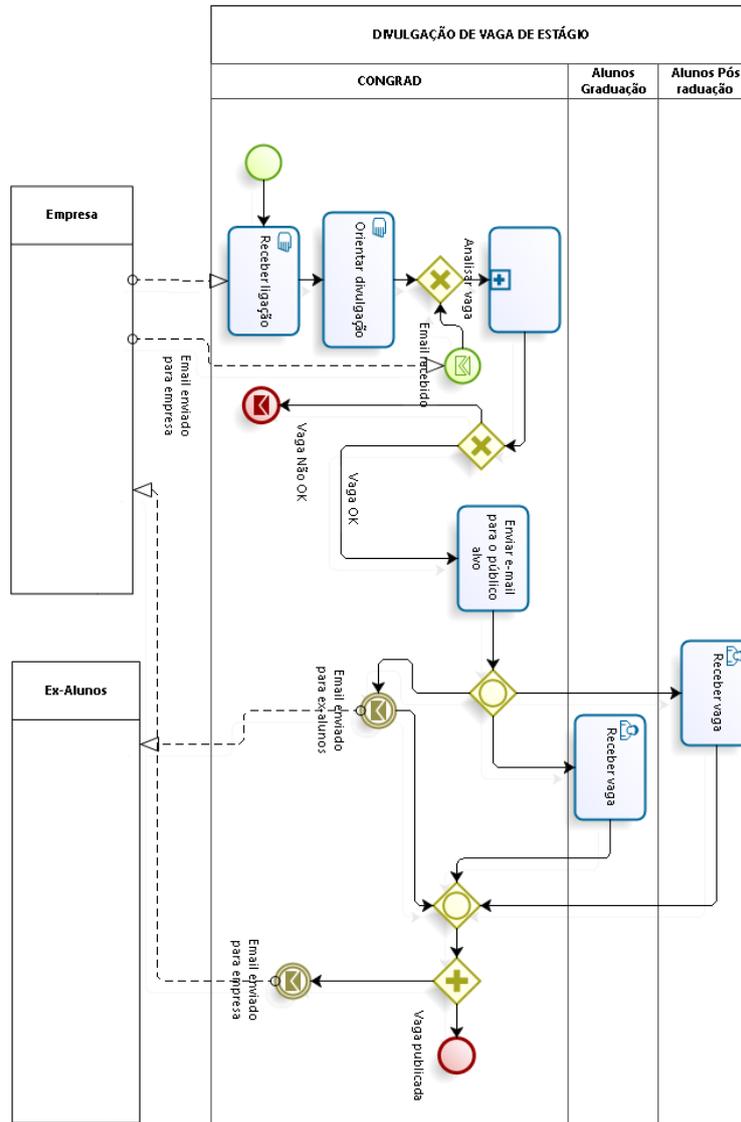
Fonte: conjunto de processos de uma Universidade Pública Federal

Figura 4.8: Visão parcial do Processo Olimpíada Brasileira de Informática



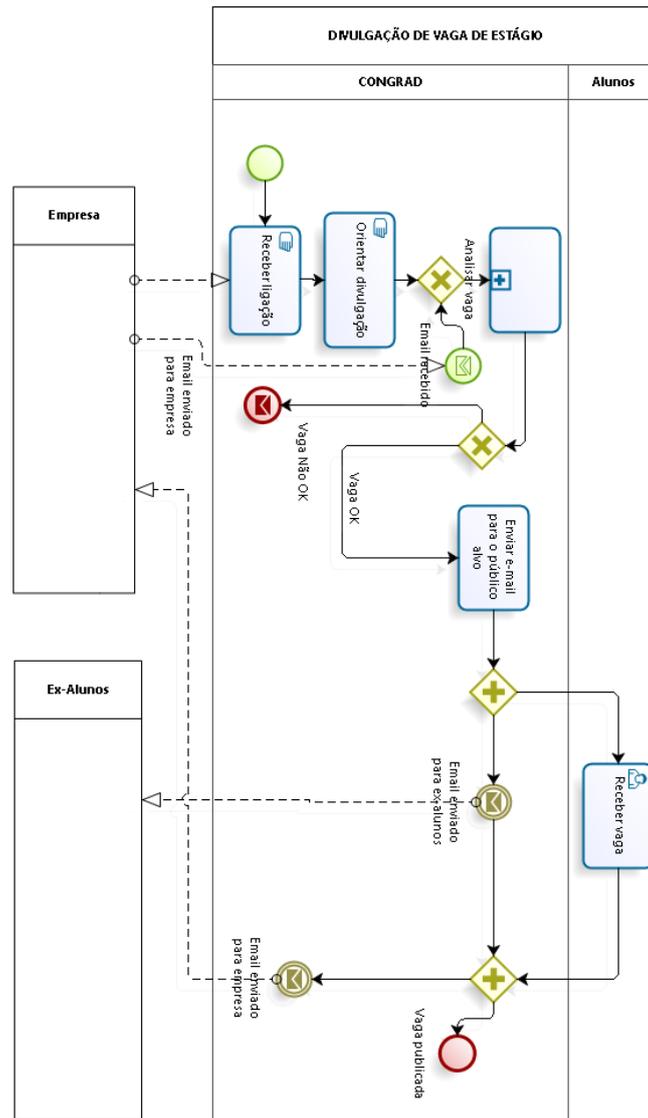
Fonte: conjunto de processos de uma Universidade Pública Federal

Figura 4.9: Processo Divulgacao Estagio



Fonte: conjunto de processos de uma Universidade Pública Federal

Figura 4.10: Processo Divulgacao Estagio Simplificado



Fonte: conjunto de processos de uma Universidade Pública Federal

5 CONCLUSÃO

A implementação de um *plug-in* para verificar a utilização de boas práticas de modelagem em BPMN (OMG, 2013) com suporte de uma ontologia, tem a vantagem de poder verificar se os modelos não perderam a integridade ao ser estendida a ontologia para representar o modelo. A utilização deste *plug-in* pode contribuir na identificação de problemas na modelagem, que podem levar a uma baixa qualidade pragmática, e portanto, a modelos de difícil entendimento.

Segundo os resultados obtidos nos testes realizados com modelos criados a partir de processos reais, vários modelos que indicaram problemas de modelagem continham problemas na qualidade pragmática ou tinham escolhas na modelagem, que poderiam dificultar o entendimento.

A utilização deste *plug-in* no ambiente acadêmico, pode auxiliar aos alunos da disciplina de modelagem a identificar possíveis problemas em seus modelos, que podem estar sintática e semanticamente corretos, e ainda assim apresentarem problemas na qualidade pragmática. Esta identificação de possíveis melhores na modelagem pode contribuir para formar modeladores com maior domínio das boas práticas de modelagens.

Em um ambiente não estritamente acadêmico, o *plug-in* pode ser utilizado como uma ferramenta auxiliar em grandes repositórios de modelos para a pré-seleção de modelos que devem passar por uma certificação quanto a qualidade pragmática.

A identificação dos problemas através das boas práticas, foi feita de forma automática pelo *plug-in*, mas as sugestões de mudanças e melhorias nos processos discutidas foram obtidas a partir da análise dos processos.

O uso de uma ontologia pode propiciar o desenvolvimento de um sistema de recomendação, que possa sugerir mudanças no processo para transformá-lo em um processo mais aderente às boas práticas de modelagem. A escolha da aceitação ou não, destas mudanças deve ser feita pelo modelador, de forma que exista controle da ênfase entre uma modelagem com maior qualidade semântica ou maior qualidade pragmática.

A utilização de outros indicadores para a verificação da qualidade de processo podem ser aplicadas através de análise da ontologia estendida a partir do processo.

A boa prática G1 não pode ser certificada porque é necessário o entendimento do contexto do modelo. Neste sentido, o uso de uma ontologia associada ao contexto dos modelos pode ser utilizada como base semântica para a tomada de decisão de qual a melhor maneira de reduzir o número de elementos ao mínimo necessário.

Para verificação se o modelo de processo utiliza o formato de rótulos no formato verbo-objeto, conforme é recomendado na boa prática G6, é necessário o suporte de NPL e o mapeamento na ontologia (GASSEN et al., 2014).

REFERÊNCIAS

- AALST, W. M. P. van der et al. Workflow patterns. **Distributed and parallel databases**, p. 5–51, 2003.
- AALST, W. V. D. **Process mining: discovery, conformance and enhancement of business processes**. [S.l.]: Springer Science and Business Media, 2011.
- BECK, K.; BEEDLE, M. C. et al. Manifesto para desenvolvimento agil de software. 2001. **Disponível: <http://www.manifestoagil.com.br/principios.html>**, 2013.
- BECKER, J.; ROSEMAN, M.; UTHMANN, C. V. Guidelines of business process modeling. In: **Business Process Management**. [S.l.]: Springer, 2000. p. 30–49.
- BORST, P.; AKKERMANS, H. An ontology approach to product disassembly. In: **Knowledge Acquisition, Modeling and Management**. [S.l.]: Springer, 1997. p. 33–48.
- CARTLIDGE, A. et al. An introductory overview of itil v3. **The UK Chapter of the itSMF**, 2007.
- DUMAS, M.; AALST, W. M. Van der; HOFSTEDE, A. H. T. **Process-aware information systems: bridging people and software through process technology**. [S.l.]: John Wiley and Sons, 2005.
- DUMAS, M. et al. **Fundamentals of Business Process Management**. First. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2013.
- FURTERER, S. L. Lean six sigma case studies in the healthcare enterprise. In: _____. London: Springer London, 2014. chp. Enabling Enterprise Performance Excellence Through Strategic Business Process Architecture Modeling Techniques, p. 1–10. ISBN 978-1-4471-5583-6. Available from Internet: <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4471-5583-6_1>.
- GASSEN, J. B. et al. Business process modeling: Vocabulary problem and requirements specification. In: ACM. **Proceedings of the 32nd ACM International Conference on The Design of Communication CD-ROM**. [S.l.], 2014. p. 2.
- GENESERETH, M. R.; NILSSON, N. J. Logical foundations of artificial. **Intelligence**. Morgan Kaufmann, Springer, 1987.
- GREENFIELD, J.; SHORT, K. Software factories: assembling applications with patterns, models, frameworks and tools. In: ACM. **Companion of the 18th annual ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming, systems, languages, and applications**. [S.l.], 2003. p. 16–27.
- GRUBER, T. R. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing? **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 43, n. 5–6, p. 907 – 928, 1995. ISSN 1071-5819. Available from Internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581985710816>>.

- GUARINO, N.; OBERLE, D.; STAAB, S. Handbook on ontologies. In: _____. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009. chp. What Is an Ontology?, p. 1–17. ISBN 978-3-540-92673-3. Available from Internet: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-92673-3_0>.
- GUIZZARDI, G. **Ontological foundations for structural conceptual models**. [S.l.]: CTIT, Centre for Telematics and Information Technology, 2005.
- HOARE, C. A. R. The origin of concurrent programming: From semaphores to remote procedure calls. In: _____. New York, NY: Springer New York, 2002. chp. Communicating Sequential Processes, p. 413–443. ISBN 978-1-4757-3472-0. Available from Internet: <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4757-3472-0_16>.
- HORRIDGE, M. et al. A practical guide to building owl ontologies using protégé 4 and co-ode tools edition1. 2. **The University of Manchester**, 2009.
- HORROCKS, I.; PATEL-SCHNEIDER, P. F.; HARMELEN, F. van. From shiq and rdf to owl: the making of a web ontology language. **Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web**, v. 1, n. 1, p. 7 – 26, 2003. ISSN 1570-8268. Available from Internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570826803000027>>.
- JOHANNESON, P. Representation and communication—a speech act based approach to information systems design. **Information Systems**, Elsevier, v. 20, n. 4, p. 291–303, 1995.
- KOSSAK, F. et al. A rigorous semantics for bpmn 2.0 process diagrams. In: **A Rigorous Semantics for BPMN 2.0 Process Diagrams**. [S.l.]: Springer, 2014. p. 29–152.
- KROGSTIE, J.; SINDRE, G.; JORGENSEN, H. Process models representing knowledge for action: a revised quality framework. **European Journal of Information Systems**, Nature Publishing Group, v. 15, n. 1, p. 91–102, 2006.
- LAKHOTIA, A. Understanding someone else’s code: analysis of experiences. **Journal of Systems and Software**, Elsevier, v. 23, n. 3, p. 269–275, 1993.
- LEOPOLD, H.; SMIRNOV, S.; MENDLING, J. On the refactoring of activity labels in business process models. **Information Systems**, Elsevier, v. 37, n. 5, p. 443–459, 2012.
- LINDLAND, O. I.; SINDRE, G.; SOLVBERG, A. Understanding quality in conceptual modeling. **Software, IEEE**, IEEE, v. 11, n. 2, p. 42–49, 1994.
- MENDLING, J. Metrics for process models: Empirical foundations of verification. **Error Prediction, and Guidelines for Correctness**, v. 6, 2008.
- MENDLING, J. Metrics for process models: Empirical foundations of verification, error prediction, and guidelines for correctness. In: _____. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008. chp. Business Process Management, p. 1–15. ISBN 978-3-540-89224-3. Available from Internet: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-89224-3_1>.
- MENDLING, J.; REIJERS, H. A.; AALST, W. M. van der. Seven process modeling guidelines (7pmg). **Information and Software Technology**, Elsevier, v. 52, n. 2, p. 127–136, 2010.

MENDLING, J. et al. Thresholds for error probability measures of business process models. **Journal of Systems and Software**, v. 85, n. 5, p. 1188 – 1197, 2012. ISSN 0164-1212. Available from Internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0164121212000040>>.

MILONE, G. **Estatística: geral e aplicada**. [S.l.]: Pioneira Thomson Learning, 2004.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation**. [S.l.]: Oxford university press, 1995.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção o Além da Produção**. [S.l.]: Bookman, 1997.

OMG. **Business Process Modeling Notation (BPMN), V. 2.0.2**. [S.l.], 2013.

OMG, O. M. G. **Business Process Model and Notation (BPMN)**. 2011. Available from Internet: <<http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>>.

PETERSON, J. L. **Petri net theory and the modeling of systems**. Prentice Hall PTR, 1981.

PORTER, M. E. **Competitive advantage of nations: creating and sustaining superior performance**. [S.l.]: Simon and Schuster, 2011.

PURCHASE, H. C.; CARRINGTON, D.; ALLDER, J.-A. Empirical evaluation of aesthetics-based graph layout. **Empirical Software Engineering**, Springer, v. 7, n. 3, p. 233–255, 2002.

RECKER, J. **Evaluations of process modeling grammars: ontological, qualitative and quantitative analyses using the example of BPMN**. [S.l.]: Springer, 2011.

RECKER, J. C.; DREILING, A. Does it matter which process modelling language we teach or use? an experimental study on understanding process modelling languages without formal education. University of Southern Queensland, 2007.

RECKER, J. C. et al. Do process modelling techniques get better? a comparative ontological analysis of bpmn. **Australasian Chapter of the Association for Information Systems**, Australasian Chapter of the Association for Information Systems, 2005.

RECKER, J. C. et al. How good is bpmn really? insights from theory and practice. 2006.

REIJERS, H. A.; MANSAR, S. L. Best practices in business process redesign: an overview and qualitative evaluation of successful redesign heuristics. **Omega**, Elsevier, v. 33, n. 4, p. 283–306, 2005.

REIJERS, H. A.; MENDLING, J. A study into the factors that influence the understandability of business process models. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans**, IEEE, v. 41, n. 3, p. 449–462, 2011.

REIJERS, H. A.; MENDLING, J.; RECKER, J. Handbook on business process management 1: Introduction, methods, and information systems. In: _____. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2015. chp. Business Process Quality Management, p. 167–185. ISBN 978-3-642-45100-3. Available from Internet: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-45100-3_8>.

RIDLEY, G.; YOUNG, J.; CARROLL, P. Cobit and its utilization: A framework from the literature. In: IEEE. **System Sciences, 2004. Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on**. [S.l.], 2004. p. 8–pp.

ROSEMANN, M. Potential pitfalls of process modeling: part a. **Business Process Management Journal**, Emerald Group Publishing Limited, v. 12, n. 2, p. 249–254, 2006.

ROSPOCHER, M.; GHIDINI, C.; SERAFINI, L. An ontology for the business process modelling notation. In: GARBACZ, P.; KUTZ, O. (Ed.). **Formal Ontology in Information Systems - Proceedings of the Eighth International Conference, FOIS2014, September, 22-25, 2014, Rio de Janeiro, Brazil**. IOS Press, 2014. v. 267, p. 133–146. Available from Internet: <<http://dx.doi.org/10.3233/978-1-61499-438-1-133>>.

RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I.; BOOCH, G. **Unified Modeling Language Reference Manual, The**. [S.l.]: Pearson Higher Education, 2004.

SCHUETTE, R.; ROTTHOWE, T. Conceptual modeling – er '98: 17th international conference on conceptual modeling, singapore, november 16-19, 1998. proceedings. In: _____. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1998. chp. The Guidelines of Modeling – An Approach to Enhance the Quality in Information Models, p. 240–254. ISBN 978-3-540-49524-6. Available from Internet: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-49524-6_20>.

SERRANO, M. **Applied Ontology Engineering in Cloud Services, Networks and Management Systems**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2012.

SHAHZAD, K.; ELIAS, M.; JOHANNESSEN, P. Requirements for a business process model repository: A stakeholders' perspective. In: _____. **Business Information Systems: 13th International Conference, BIS 2010, Berlin, Germany, May 3-5, 2010. Proceedings**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010. p. 158–170. ISBN 978-3-642-12814-1. Available from Internet: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-12814-1_14>.

SMOLANDER, K. et al. Metaedit—a flexible graphical environment for methodology modelling. In: SPRINGER. **International Conference on Advanced Information Systems Engineering**. [S.l.], 1991. p. 168–193.

SMYTH, B. Case-based recommendation. In: _____. **The Adaptive Web: Methods and Strategies of Web Personalization**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007. p. 342–376. ISBN 978-3-540-72079-9. Available from Internet: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-72079-9_11>.

SOFFER, P.; KANER, M. Complementing business process verification by validity analysis: A theoretical and empirical evaluation. **Journal of Database Management (JDM)**, IGI Global, v. 22, n. 3, p. 1–23, 2011.

STUDER, R.; BENJAMINS, V.; FENSEL, D. Knowledge engineering: Principles and methods. **Data and Knowledge Engineering**, v. 25, n. 1–2, p. 161 – 197, 1998. ISSN 0169-023X. Available from Internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169023X97000566>>.

THOM, L. H.; REICHERT, M.; IOCHPE, C. Activity patterns in process-aware information systems: Basic concepts and empirical evidenc. **International Journal of Business Process Integration and Management**, Inderscience Publishers, v. 4, n. 2, p. 93–110, 2009.

TURETKEN, O. et al. The effect of modularity representation and presentation medium on the understandability of business process models in bpmn. In: _____. **Business Process Management: 14th International Conference, BPM 2016, Rio de Janeiro, Brazil, September 18-22, 2016. Proceedings**. Cham: Springer International Publishing, 2016. p. 289–307. ISBN 978-3-319-45348-4. Available from Internet: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-45348-4_17>.

WANG, T. D.; PARSIA, B.; HENDLER, J. A survey of the web ontology landscape. In: SPRINGER. **International Semantic Web Conference**. [S.l.], 2006. p. 682–694.

WANG, X. et al. An ontological approach for semantic annotation of supply chain process models. In: _____. **On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2010: Confederated International Conferences: CoopIS, IS, DOA and ODBASE, Hersonissos, Crete, Greece, October 25-29, 2010, Proceedings, Part I**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010. p. 540–554. ISBN 978-3-642-16934-2. Available from Internet: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-16934-2_40>.

WESKE, M. **Business process management: concepts, languages, architectures**. [S.l.]: Springer Science Business Media, 2012.

WUNDERLICH, D. Speech act theory and pragmatics. In: _____. Dordrecht: Springer Netherlands, 1980. chp. Methodological Remarks on Speech Act Theory, p. 291–312. ISBN 978-94-009-8964-1. Available from Internet: <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-009-8964-1_14>.