



WILCILENE MARIA KOWAL SCHRATZENSTALLER

**INTEGRAÇÃO SEMÂNTICA VIA ENTERPRISE SERVICE BUS
EM AMBIENTES DE CRIAÇÃO DE ORGANIZAÇÕES
VIRTUAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Computação Aplicada, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Computação Aplicada.

Orientador: Dr. Fabiano Baldo
Co-orientador: Dr. Ricardo J. Rabelo

**JOINVILLE, SC
2015**

S377i

Schratzenstaller, Wilcilene Maria Kowal

Integração semântica via enterprise service bus em ambientes de criação de organizações virtuais / Wilcilene Maria Kowal Schratzenstaller.

188 p. : il. ; 21 cm

Orientador: Fabiano Baldo

Coorientador: Ricardo José Rabelo

Bibliografia: p. 97-106

Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, Joinville, 2015.

1. Processo de mapeamento. 2. Ontologia. 3. Mapeador Semântico. 4. Ambiente de criação de organizações virtuais. I. Baldo, Fabiano. II. Rabelo, Ricardo José. III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em computação Aplicada. IV. Título.


CDD004 – 23. ed.

WILCILENE MARIA KOWAL SCHRATZENSTALLER
INTEGRAÇÃO SEMÂNTICA VIA ENTERPRICE SERVICE BUS
EM AMBIENTES DE CRIAÇÃO DE ORGANIZAÇÕES
VIRTUAIS

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico Computação Aplicada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada na área de concentração "Ciência da Computação".


Banca Examinadora

Orientador:




Prof. Dr. Fabiano Baldo
CCT/UESC

Coorientador:

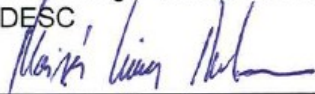


Prof. Dr. Ricardo José Rabelo
UFSC

Membros



Prof. Dr. Rui Jorge Tramontin Junior
CCT/UESC



Prof. Dr. Moisés Lima Dutra
UFSC

Joinville, SC, 28 de setembro de 2015.



Ao meu orientador Fabiano
Baldo por acreditar em mim.

AGRADECIMENTOS

Aos professores Carla D. M. Berkenbrock, Cristiano D. Vasconcellos, Marcelo da S. Hounsell, Moisés Lima Dutra, Rui J. Tramontin Junior, principalmente aos orientadores deste trabalho Fabiano Baldo e Ricardo J. Rabelo pelo apoio no processo de aquisição do conhecimento.

Aos amigos Adriano Pessini, Alcemir N. Kowal, Alyní Santos, Andre Pizzato, Claudir de J. Kowal, Diego Buchinger, Felipe M. Scanhoela, Glaucio Scheibel, Gilsilene G. Kowal, Jucilane R. Citadin, Marcelo Stanislaski, Márcio G. Jasinski, Marcos A. Schratzenstaller e Mauro Hinz pelo apoio e companhia nos estudos dos últimos semestres.

À CAPES e à FAPESC, pelo apoio financeiro.



“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.”

Albert Einstein

RESUMO

Com intuito de atenderem demandas de forma mais rápida e com menor custo, pequenas e médias empresas (PME) se unem em ambientes de criação de organizações virtuais (ACVs) onde compartilham recursos para atuarem de forma colaborativa. O trabalho nestes ambientes é facilitado pelo uso de arquiteturas orientadas a serviços. Mais especificamente, com o uso de barramentos de serviços empresariais (ESBs). ESBs possibilitam que os sistemas das PME envolvidas sejam integrados e mensagens sejam trocadas. A tarefa de integrar os sistemas é complexa devido à heterogeneidade de dados existente. Para resolver este problema, os ESBs poderiam ser munidos de um suporte semântico que mediasse as divergências existentes entre os dados fornecidos pelas PME. Mas, como adicionar suporte semântico aos ESBs para facilitar a identificação dos dados das PME a fim de integrá-las ao ACV? Este trabalho propõe a criação de uma ontologia e um método que adiciona semântica aos dados no intuito de resolver as incompatibilidades semânticas. Para validar a proposta foram aplicadas métricas que avaliam a cobertura dos termos buscados, a riqueza de representação do conhecimento e o detalhamento de nível da ontologia, bem como foram realizados testes no protótipo de mapeador semântico desenvolvido.

Palavras-chave: Processo de mapeamento. Ontologia. Mapeador Semântico. Ambiente de Criação de Organizações Virtuais.

ABSTRACT

In order to attend demands faster and at lower cost, small and medium enterprises (SME) are joined in virtual organizations breeding environments (VBEs) where they can share resources to work collaboratively. The work in these environments is facilitated by using of service-oriented architectures (SOA) and enterprise service buses (ESBs). Although SOA and ESBs help the process of systems integration, it still remaining a complex task due to the heterogeneity of existing data. To solve this problem ESBs could be improved with a semantic support to mediate differences between the data provided by SME. But, how to add semantic support to ESBs to facilitate data mapping for SMEs to integrate them into the VBEs? This work proposes the creation of an ontology and a method that adds semantics to the data in order to solve semantic incompatibilities. To validate the proposal, metrics were applied to evaluate the ontology according to its coverage of searched terms, the wealth of knowledge represented and the level detail. Besides that, tests were performed on the developed semantic mapper prototype.

Keywords: Matching process. Ontology. Semantic Mapper. Virtual breeding environment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Ferramentas ESB.....	48
Figura 1 – Representação de uma ontologia.....	52
Quadro 2 – Características das pesquisas.....	58
Figura 2 – Ontologia do processo de produção.....	66
Figura 3 – Classe “serviços”.....	67
Figura 4 – Classe “objetos” com os sinônimos.....	68
Figura 5 – Serviço “consultarProducao” associado aos parâmetros da classe Objetos.....	70
Figura 6 – Processo de comunicação.....	72
Figura 7A – BPMN do processo (ACV).....	76
Figura 7B – BPMN do processo (organizações).....	78
Figura 8 – Ambiente de simulação.....	80
Figura 9 – Identificação de parâmetros sinônimos....	88

LISTA DE ABREVIATURAS

ACV	Ambiente de Criação de Organizações Virtuais
BPEL	Business Process Execution Language
BPM	Business Process Management
BPMN	Business Process Model and Notation
Ct	Cobertura dos Termos
dN	Detalhe de Nível
dNE	Detalhe de Nível Específico
dNG	Detalhe de Nível Global
ebXML	Eletronic business XML
ESB	Enterprise Service Bus
EV	Empresa Virtual
JB1	Java Business Integration
OSGi	Open Service Gateway Initiative
OV	Organização Virtual
PB	Pesquisa Bibliográfica
PME	Pequenas e Médias Empresas
rA	Riqueza dos Atributos
RCO	Rede Colaborativa de Organizações
RDF	Resource Description Framework
rR	Riqueza das Relações
SOA	Service-Oriented Architecture
SPARQL	SPARQL Protocol and RDF Query Language
TIC	Tecnologia da informação e comunicação
UBL	Universal Business Languages
UML	Unified Modeling Language
XML	eXtensible Markup Language

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	19
1.1	OBJETIVOS.....	26
1.2	METODOLOGIA.....	28
1.2.1	Enquadramento Metodológico.....	28
1.2.2	Metodologia de Pesquisa.....	30
1.2.3	Organização do Documento.....	32
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	35
2.1	REDE COLABORATIVA DE ORGANIZAÇÕES....	36
2.2	MODELAGEM DE PROCESSO DE NEGÓCIOS PARA ACVS.....	39
2.3	INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS BASEADA EM SOA COM SUPORTE A ESB.....	42
2.4	ONTOLOGIAS PARA REPRESENTAR E COMPREENDER O CONHECIMENTO.....	50
2.5	TRABALHOS RELACIONADOS.....	55
3	SOLUÇÃO PROPOSTA.....	61
3.2	ONTOLOGIA DE MAPEAMENTO DE SERVIÇOS.....	65
3.3	MÉTODO DE BUSCA E MAPEAMENTO.....	71
4	AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS.....	75
4.2	AMBIENTE DE SIMULAÇÃO.....	79
4.3	AVALIAÇÃO DA ONTOLOGIA.....	82
4.4	EXECUÇÃO DO PROTÓTIPO.....	86



5	CONCLUSÃO.....	91
5.1	TRABALHOS FUTUROS.....	94
	REFERÊNCIAS.....	97

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

As relações de comércio têm sofrido profundas mudanças nas últimas décadas, impulsionadas principalmente pelo aumento da exigência dos clientes que gradativamente buscam por produtos e serviços personalizados, de alta qualidade e baixo custo. Dessa forma, apenas organizações capazes de antecipar novas tendências e responder de forma ágil a elas conseguem se manter no mercado (LACKENBY e SEDDIGHI, 2002).

Para enfrentar essa realidade, encurtar o tempo de resposta e diminuir o custo dos processos, pequenas e médias empresas (PME) têm investido na formação de alianças estratégicas de trabalho colaborativo para o desenvolvimento de novos produtos e serviços (LOSS, RABELO e PEREIRA-KLEN, 2007). Uma alternativa eminente ao se abordar a criação de alianças estratégicas entre empresas, é a adoção do conceito de rede colaborativa de organizações (RCO).

Uma RCO é uma agregação dinâmica, temporária e lógica de instituições e pessoas que interagem e compartilham recursos, competências e informações, por meio das redes de computadores, em busca de um objetivo comum (RABELO et al., 2004). As RCOs são classificadas em redes estratégicas de longa duração ou redes orientadas a metas (CAMARINHA-MATOS et al., 2009).

As redes orientadas a metas são dissolvidas após atingirem o objetivo, fazem parte desse grupo as organizações virtuais (OVs) e as empresas virtuais (Evs) Uma EV se caracteriza por ser uma aliança estratégica,

temporária e dinâmica, entre empresas que trabalham de forma colaborativa por meio do suporte das redes de computadores para atingir um objetivo comum e obter lucro (CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH, 1999).

O conceito por trás das OV's é similar ao aplicado às EV's, entretanto, as OV's não visam exclusivamente o lucro, caso dominante nas EV's. Como esta característica é irrelevante para o âmbito deste trabalho, assume-se no decorrer do texto que o termo OV representa ambos os tipos de manifestação de RCO.

Para evitar a dispersão ao final do projeto, as PME interessadas em participar da formação de OV's se reúnem inicialmente em um Ambiente de Criação de Organizações Virtuais (ACV).

Classificado como uma RCO de longa duração um ACV busca por meio da preparação das PMEs e do uso intensivo de tecnologias da informação e comunicação (TICs), oferecer as condições necessárias para permitir uma resposta ágil às oportunidades de negócios (BALDO e RABELO, 2010). Ou seja, o ACV pode ser visto como um conjunto de PMEs conectadas umas com as outras e aptas a atenderem uma oportunidade de negócio por meio do trabalho realizado de forma colaborativa.

Quando uma oportunidade de negócio é identificada pelo ACV, uma OV é imediatamente criada para atender a demanda. Essa OV pode ser formada por algumas ou por todas as PMEs que participam do ACV. E, ao atingirem o objetivo, apesar da OV se dissolver as PMEs envolvidas não perdem o vínculo umas com as outras, pois, permanecem conectadas no ACV.

Dessa forma, além de tornar as operações mais eficientes com relação ao custo e ao tempo, uma

abordagem com base em RCOs contribui para o acúmulo de conhecimento com as lições aprendidas e o estreitamento dos laços culturais entre as PME participantes (KARVONEN et al., 2004).

A preparação realizada dentro do ACV permite que o processo de criação de OV se torne mais rápido e menos suscetível a falhas se comparado ao mesmo processo sem apoio do ACV. Quando uma oportunidade de negócio é identificada, uma OV é imediatamente criada para atender a demanda. Essa OV pode ser formada por algumas ou por todas as PMEs que participam do ACV.

Após a criação da OV, as PMEs escolhidas interagem de acordo com as regras predefinidas no modelo de governança, com objetivo principal de atender a demanda com a qualidade, o prazo e o custo estabelecidos no pedido. Para atender essas expectativas o ACV deve prover uma infraestrutura de TIC flexível e adaptável, capaz de gerenciar diferentes níveis de segurança e acesso às informações conforme a necessidade de cada participante da OV.

Quando um cliente entra em contato com uma OV, ele acredita se tratar de uma única empresa. Porém, como o próprio nome sugere, uma OV não é uma empresa fisicamente constituída, mas sim um grupo de PMEs que colaboram de forma coordenada por meio de governanças e processos de negócios comuns, e pela integração de seus sistemas computacionais.

A governança cooperativa é o resultado da negociação entre as PMEs participantes do ACV e seus respectivos gestores, onde cada gestor considera os benefícios de fazer parte da cooperação para atingir seus objetivos individuais (ROTH, WEGNER e PADULA,

2012). Ela prevê os diferentes direitos e deveres dos envolvidos conforme perfil do negócio para as regras estabelecidas (RABELO, COSTA e ROMERO, 2014). A governança não gerencia, mas delimita as ações dos gestores da rede que usam seus conhecimentos e habilidades para planejar e executar estratégias em busca dos objetivos estabelecidos (ROTH, WEGNER e PADULA, 2012).

A definição clara e a representação das atividades do processo de negócio adotado, permite que as diversas PMEs envolvidas realizem a análise do processo ao qual estão inseridas e facilita a disseminação dos conhecimentos organizacionais existentes (AZEVEDO e SOARES JÚNIOR, 2014).

A integração dos sistemas é uma tarefa complexa devido à heterogeneidade de softwares e dados existentes, porém essencial para que as OV's possam operar com eficiência. Entre os problemas encontrados na integração dos dados de sistemas de diversas PMEs destacam-se: 1) diferentes unidades de medidas; 2) diferença na formatação dos dados trocados; 3) parâmetros insuficientes ou demasiados; e 4) diferentes nomes encontrados para parâmetros equivalentes. Esses problemas ocorrem devido à heterogeneidade dos bancos de dados das empresas (KASHYAP, BUSSLER e MORAN, 2008).

Uma forma de solucionar o problema de diferentes unidades de medidas é utilizar funções que identifiquem as medidas e realizem as devidas conversões. Uma alternativa para solucionar o problema de diferença na formatação dos dados é a aplicação de transformações nas mensagens com regras pré-determinadas. Uma solução para os problemas de parâmetros insuficientes

ou demasiados é predeterminar regras e criar funções para reunir dois ou mais serviços que atendam a requisição com os parâmetros enviados. Para solucionar o problema de identificação e associação dos diferentes nomes encontrados para parâmetros equivalentes é necessária uma solução que proveja suporte à representação semântica da informação. Este é o foco deste trabalho e como solução propõe-se a utilização de uma ontologia para realizar o mapeamento dos parâmetros utilizados.

O problema de diferentes nomes encontrados para parâmetros equivalentes consiste em, por exemplo, um dos participantes da OV invoca o serviço “SolicitaPag” e envia os parâmetros “customerId”, “invoiceId”, “qtd_prod” enquanto o serviço invocado pode esperar pelos parâmetros “idCliente”, “IdPedido”, “qtdPecasProduzidas”. Para que a comunicação possa ser estabelecida é necessário que os dados equivalentes sejam mapeados. A forma para localizar esses dados similares, proposta neste trabalho é a busca semântica com auxílio de uma ontologia.

A ontologia desenvolvida representa os serviços e seus respectivos objetos passados como parâmetros entre as PMEs participantes do ACV. Esses serviços e parâmetros são utilizados na troca de mensagens feitas para a comunicação e integração entre os participantes.

A infraestrutura também deve possibilitar que a configuração das transações computacionais necessárias seja realizada de forma ágil e seja consoante com os objetivos de cada OV. Entre as arquiteturas utilizadas atualmente, a que mais se destaca para implementação e gerenciamento dos ACVs é a arquitetura orientada a serviços (*service-oriented*

architecture – SOA). SOA é uma arquitetura que provê componentes de *software* como serviços que utilizam uma linguagem padrão para a especificação de interfaces que facilitam a integração e reutilização de *software* (HEWITT, 2009).

Para dotar esses serviços de segurança, confiabilidade, gerenciamento de transações e orquestração de processos são utilizadas tecnologias tais como os barramentos de serviços corporativos (*Enterprise Service Bus* – ESB). O ESB é baseado em padrões que combinam transformação de dados e roteamento inteligente de mensagens para conectar e coordenar com segurança a interação de aplicações em empresas estendidas com integridade transacional (CHAPPELL, 2004).

As características do ESB permitem reunir serviços e aplicativos para possibilitar a operação de negócios distribuídos de forma colaborativa de modo seguro e coordenado. Porém, apesar das vantagens advindas da utilização do ESB junto à arquitetura SOA, existem alguns pontos desta combinação que ainda precisam ser melhorados.

Uma carência identificada nos ESBs diz respeito à possibilidade de transformar os dados necessários à integração de serviços. Atualmente este processo é realizado manualmente através da utilização de componentes chamados de mapeadores (CHEN, 2012). Entretanto, a integração feita de forma manual pode levar à ocorrência de erros e à redução da agilidade do processo, visto que é necessária a intervenção humana, a qual está sujeita a falhas ou indisponibilidade no momento necessário.

Esses problemas podem ser resolvidos com a utilização de meios automáticos de integração. Para dotar o ESB desta característica, é necessário incorporar a ele o conhecimento necessário para realizar a integração. Como mencionado, esse conhecimento pode ser representado em forma de ontologia. Já a automatização do processo pode ser feita através de um mecanismo de consulta à ontologia que realiza os mapeamentos necessários à integração dos serviços contidos no processo de negócio.

Sward e Whitacre (2008) destacam essa ausência de suporte semântico na integração de serviços gerenciados pelo ESBs. A adição de suporte semântico pode oferecer a flexibilidade e autonomia necessárias ao mapeamento e integração dos processos do ACV e assim facilitar e acelerar a integração dos sistemas envolvidos na criação de OVs. Chen (2012) ressalta que é fundamental a realização de pesquisas com intuito de ampliar a capacidade dos ESBs conectarem sistemas e serviços com maior facilidade e rapidez.

Dados os benefícios que a utilização de semântica pode proporcionar à integração de serviços, este trabalho aborda o seguinte problema de pesquisa: Como adicionar semântica ao processo de integração de sistemas via ESB para flexibilizar e automatizar a atividade de mapeamento dos dados, de forma a facilitar e acelerar a fase de criação de OVs?

Dentre os mecanismos disponíveis que auxiliam na representação semântica de um determinado domínio se destacam as ontologias. Utilizadas pela área de inteligência artificial desde os anos 1970, as ontologias se tornaram populares apenas a partir de 2001 após a

proposta da web semântica por Tim Berners-Lee (ALMEIDA e BARBOSA, 2009).

As ontologias são, atualmente, uma das formas mais utilizadas para representar, compreender e recuperar o conhecimento humano (BEM e COELHO, 2013). Ela é constituída basicamente por três elementos, que são os conceitos, suas propriedades e inter-relacionamento (KASHYAP, BUSSLER e MORAN, 2008).

Berners-Lee propôs utilizar ontologias para adicionar metadados aos recursos publicados na *Web*, o que possibilita o uso de termos de referência na troca de informações *online* (KASHYAP, BUSSLER e MORAN, 2008). Com apoio das ontologias é possível realizar a conexão entre os dados disponíveis na *web* para facilitar, agilizar e melhorar os resultados das buscas.

Dessa forma, a hipótese formulada para este trabalho assume que a criação de uma ontologia para representar os processos do ACV pode auxiliar na incorporação de semântica ao ESB. Espera-se que a utilização desta ontologia possibilite flexibilizar e automatizar a fase de mapeamento dos serviços das PMEs que participam do ACV. Com isso busca-se alcançar a identificação dos dados similares para realizar a integração de sistemas necessária para a formação e operação das Ovs.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo propor um método para dotar os ESBs de suporte semântico e possibilitar o

mapeamento automático dos parâmetros de serviços disponibilizados por diferentes PMEs. O intuito desse método é capacitar os ESBs para que possam oferecer a flexibilidade no mapeamento de dados e integração de sistemas requeridos pelos ACVs na formação e operação de OVs. Assume-se como hipótese que o apoio semântico pode ser adicionado com a criação de uma ontologia para representar os conceitos e metadados disponibilizados pelas PMEs participantes do ACV.

A fim de alcançar o objetivo geral os seguintes objetivos específicos foram especificados:

1. Definir a arquitetura de operação do ACV e implementar um processo de negócios de exemplo em BPMN (linguagem gráfica) com posterior exportação para BPEL (linguagem de execução)
2. Criar uma ontologia para representar os processos envolvidos na criação, operação, evolução e dissolução de OVs;
3. Desenvolver um método capaz de: identificar os parâmetros (metadados) trafegados nas mensagens trocadas pelos serviços invocados via ESB; consultar a base de conhecimento (ontologia) para localizar a classe a que pertence cada parâmetro; mapear cada parâmetro contido nas mensagens do emissor para os esperados pelo receptor e vice-versa.

1.2 METODOLOGIA

A seção 1.2.1 apresenta o enquadramento metodológico deste trabalho, enquanto a seção 1.2.2 descreve a metodologia de pesquisa utilizada para alcançar o objetivo proposto.

1.2.1 Enquadramento Metodológico

A classificação da pesquisa de acordo com a literatura provê ao pesquisador instrumentos científicos já difundidos que auxiliam no desenvolvimento do trabalho. Para classificação desta pesquisa foram consideradas as propostas de Filippo, Pimentel e Wainer (2012), Eden (2007) e Wazlavick (2010), conforme segue.

Quanto ao método de pesquisa, adotou-se o método experimental. Este método sugere a identificação de um problema, formulação de uma questão de pesquisa e proposta de uma solução a ser comprovada com base na aplicação e análise de algum experimento. Para avaliar a proposta foram realizadas análises e aplicação de métricas na ontologia bem como foram realizadas execuções do protótipo computacional desenvolvido para validar a eficiência do método proposto, conforme apresenta o capítulo 4.

Quanto ao tipo de ciência, a pesquisa pode ser classificada como ciência inexata, devido ao fato de que

para cada execução do método podem haver variações no resultado quantitativo obtido. Essa variação ocorre em todo o resultado do mapeamento dos processos, pois depende da identificação de correspondências entre os processos definidos pelo ACV e os serviços e parâmetros disponibilizados pelas PMEs que frequentemente são diferentes.

Quanto à abordagem, esta pesquisa pode ser considerada quantitativa, pois os resultados geram valores que podem ser analisados estatisticamente. A apresentação desses resultados ocorre no capítulo 4.

Quanto à finalidade, pode-se concluir que a pesquisa possui finalidade exploratória, pois ela identifica oportunidades de pesquisa e esboça possíveis interpretações tanto sobre o problema quanto sobre a solução proposta.

Quanto as técnicas de coleta de dados, o presente trabalho pode ser classificado como pesquisa bibliográfica, e análise e aplicação de experimentos em um ambiente simulado. A pesquisa bibliográfica forneceu conhecimento necessário para propor e desenvolver uma solução viável para o problema de identificação de sinônimos na base de conhecimento da ontologia de processos do ACV.

Quanto às técnicas de análise de dados, foi adotada a análise do discurso por se tratar de uma abordagem onde as informações são obtidas em um curto período de tempo por meio de análise do objeto em um ambiente simulado.

Quanto à maturidade, a pesquisa encontra-se no nível 2 com paradigma tecnocrático predominante. Embora a pesquisa tenha seguido rigorosos métodos, o experimento é considerado pouco rigoroso se

considerado o paradigma científico conforme descrito na literatura. Para que a pesquisa seja elevada a nível 1 e possa se enquadrar no paradigma científico, é necessário executar o experimento de forma exaustiva com uma grande e variada base de dados de forma a garantir que os aspectos sejam testados e a possibilidade de imprevistos seja reduzida.

1.2.2 Metodologia de Pesquisa

Conforme definido na literatura, uma pesquisa científica deve ser baseada em um conjunto de procedimentos executados rigorosamente de forma a produzir algum conhecimento novo (FILIPPO, PIMENTEL e WAINER, 2012). Portanto, para que o avanço ocorra na pesquisa é necessário que o pesquisador planeje e execute determinados passos.

Neste trabalho, o procedimento metodológico adotado define o seguinte conjunto de passos. Primeiramente foi identificado um problema real dentro dos ACVs, para o qual uma questão de pesquisa foi formulada.

Após a identificação do problema e formulação da pergunta de pesquisa, iniciou-se a realização de pesquisa bibliográfica (PB). A PB foi realizada com intuito de identificar possíveis alternativas para responder a questão de pesquisa e solucionar o problema identificado inicialmente. Além de prover ao pesquisador referências para documentar a proposta e conhecimento referente às ferramentas disponíveis.

Em paralelo à PB, foram instaladas e testadas ferramentas de apoio, com intuito de definir qual melhor atenderia aos requisitos necessários. A realização da PB possibilitou a proposição de uma solução para o problema inicialmente identificado e a identificação das ferramentas possibilitou a configuração de um ambiente de simulação e início do desenvolvimento de um protótipo para validar a solução.

Para o desenvolvimento da solução foi necessário:

1. Definir a arquitetura de operação do ACV;
2. Identificar as principais atividades (serviços) dos processos de negócio utilizados na criação, operação, evolução e dissolução de OV's;
3. Simular os serviços e parâmetros identificados nos processos de negócio levantados na literatura;
4. Com base nos processos de negócio identificados, criar uma ontologia que represente adequadamente os conceitos e informações necessárias para mapear os serviços e assim possibilitar a integração para os sistemas das PMEs participantes do ACV;
5. Modelar e desenvolver um componente que possa ser utilizado por ferramentas ESBs de código aberto. Este componente deve possibilitar o mapeamento automático, por meio de consultas a ontologia, dos parâmetros contidos nas mensagens trocadas entre os serviços das PMEs envolvidas na OV.

Para validar a solução, foram realizados experimentos sobre a aplicação desenvolvida e sobre a ontologia proposta. Primeiramente, a cobertura, a riqueza e o nível de detalhamento da ontologia foram

avaliados. Posteriormente, o protótipo foi executado em ambiente simulado para demonstrar o funcionamento do método proposto. O capítulo 4 apresenta a avaliação realizada com descrição das métricas e resultados obtidos.

1.2.3 Organização do Documento

O restante do documento está estruturado da seguinte forma: O capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica dos conceitos relacionados, o estado da arte e as ferramentas disponíveis para auxiliar no processo de criação e gestão de ACVs. Os conceitos revisados estão relacionados à operação dos ACVs, à atividade de modelagem de processos de negócio para ACVs, às diferentes tecnologias disponíveis para auxiliar no processo de integração de sistemas entre diferentes PMEs e à representação e busca de conhecimento.

O capítulo 3 apresenta a solução. Neste capítulo descreve-se um cenário projetado para fins de desenvolvimento e testes da solução. Também é apresentada a ontologia desenvolvida com base nos processos de negócio utilizados na criação e operação de OV. Por fim, o método desenvolvido para automatizar o processo de mapeamento de parâmetros dos serviços necessários para a integração das PMEs participantes de uma OV.

O capítulo 4 apresenta os passos seguidos na coleta e análise de dados para validação da proposta por meio da avaliação da ontologia e do protótipo de

mapeador semântico desenvolvido. A avaliação permite apresentar os resultados de forma a validar a solução inicialmente proposta. Trata-se da avaliação da ontologia proposta com a aplicação de métricas de avaliação que estabelecem o grau de cobertura dos resultados, de riqueza na representação do conhecimento e de detalhamento de nível da ontologia, bem como a execução da aplicação protótipo de mapeador semântico que realiza as consultas na ontologia definida.

Por fim, o capítulo 5 apresenta as conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Uma rede colaborativa de organizações (RCO) é caracterizada por uma agregação dinâmica, temporária e lógica entre instituições e pessoas que compartilham competências, recursos e informações para atenderem uma demanda específica com trabalho de forma colaborativa (RABELO et al., 2004). Entre as diversas formas de materialização das RCOs destacam-se como alianças de longa duração os ACVs e de curta duração as EVs e as OV's.

As próximas seções deste capítulo descrevem os ACVs e caracterizam seu papel na preparação e criação de OV's. Também evidenciam o propósito de utilização da modelagem de processos de negócios como meio para auxiliar a especificação e compreensão dos processos necessários ao ACV. Além disso, são apresentadas também as formas de integração entre os sistemas envolvidos na formação de OV's, dado que estas formas de colaboração necessitam de intensa troca de informações durante o processo de produção.

Para finalizar o capítulo de revisão, são apresentados os trabalhos relacionados. Foram considerados relacionados, os trabalhos que aplicam técnicas de integração semântica para identificar os dados envolvidos na integração de sistemas heterogêneos e distribuídos.

2.1 REDE COLABORATIVA DE ORGANIZAÇÕES

Um ACV representa uma associação de organizações que adotam regras e princípios comuns para trabalharem de forma colaborativa em uma infraestrutura operacional. Trata-se de uma aliança de longa duração (entre diversas PMEs), que oferece condições necessárias para suportar respostas mais ágeis quando surgem oportunidades de negócios – na forma de criação de OV's – por meio da utilização das TICs (BALDO e RABELO, 2010).

Um ACV é formado por várias PMEs que compartilham os mesmos interesses e buscam novas oportunidades de negócio. O objetivo principal de um ACV é aumentar a preparação para colaboração entre as PMEs, o que resulta na criação de uma OV de forma mais rápida (CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH, 2005). Dessa forma, quando o ACV identifica uma oportunidade, algumas ou todas as PMEs integrantes se organizam e formam uma OV para suprir a demanda encontrada.

O termo OV define um conjunto de PMEs independentes que compartilham recursos e habilidades com objetivo de realizarem uma determinada ação em conjunto (CAMARINHA-MATOS, AFSARMANESH, 2005). O trabalho de forma colaborativa em OV's permite que os participantes realizem ações em menos tempo, com menor custo e maior qualidade do que se cada PME realizasse o mesmo trabalho de forma isolada.

O ciclo de vida das OV's é composto pelas fases de criação, operação/evolução e dissolução (YASSA, HASSAN e OMARA, 2014) conforme descritas a seguir.

A fase de criação inicia-se após a identificação de uma oportunidade de negócio pelo ACV e é composta pelas atividades de detalhamento da oportunidade de negócios, busca e seleção de parceiros, negociação e assinatura de contratos, e *setup* e integração dos sistemas computacionais de todas as PMEs participantes. Ao final da fase de criação, tem-se a OV criada e pronta para operar.

A fase de operação inicia-se após a criação da OV e constitui a execução das atividades planejadas, bem como as adaptações necessárias ao planejamento no decorrer da execução do mesmo. Se durante a operação forem necessárias adaptações na formação da OV, seja pela identificação de atraso ou não conformidade com o pedido, a OV passa pela fase de evolução. Durante esta fase podem ser realizados realocações de tarefas entre as PMEs participantes, assim como, em casos extremos, a substituição de um ou vários participantes. Ao final da fase de operação tem-se o objetivo cumprido.

A fase de dissolução ocorre após a fase de operação e consiste na divisão dos lucros (se houver) e liberação dos participantes. Ao final da fase de dissolução da OV os participantes encontram-se disponíveis para colaborar em outras demandas identificadas pelo ACV.

Assim como um projeto, a OV é preponderantemente temporária e finita (JÄGERS et al. 1998). Ou seja, toda OV passa pela fase de dissolução ao atingir o objetivo inicialmente proposto. Se outra demanda for identificada, a fase de criação de uma nova

OV deve ser iniciada, mesmo que o objetivo seja similar e sejam os mesmos participantes. Portanto, as atividades de planejar o processo, estabelecer o ambiente de colaboração, constituir a OV, integrar os sistemas, executar as atividades, realizar a entrega, dividir o lucro (se houver) e liberar os participantes ao final deverão ser executadas em todos os projetos.

É comum que as PMEs envolvidas na OV estejam dispersas geograficamente de forma regional ou global (AFSARMANESH e CAMARINHA-MATOS, 2005). A divisão de tarefas e colaboração entre as PMEs dispersas geograficamente é possível porque as TICs possibilitam a comunicação instantânea entre os envolvidos, assim como o monitoramento e a gestão do processo de colaboração.

Os participantes da OV se tornam dependentes uns dos outros durante a colaboração, pois compartilham recursos e habilidades para atingir objetivos comuns (JÄGERS et al. 1998). Para que esta dependência não se torne um problema é fundamental planejar um ambiente adequado antes da formação da OV. Dentre as características desejadas, o ambiente deve prover aos participantes a possibilidade de compartilharem recursos e competências de forma dinâmica, mesmo à distância, e também suportar a entrada e saída de participantes durante a fase de evolução da OV.

Os ambientes de operação das OVs são fortemente alicerçados nas TICs (BALDO e RABELO, 2010). Elas são consideradas fundamentais para o desenvolvimento da infraestrutura para a criação de uma cultura organizacional onde a colaboração se torna parte do processo e não apenas uma opção de trabalho (RABELO, 2008).

Por meio da infraestrutura comum de TIC as PMEs envolvidas compartilham informações, serviços, recursos de produção, entre outros elementos necessários à execução do trabalho de forma colaborativa.

O gerenciamento de sessões colaborativas deve facilitar a entrada e saída de participantes, a localização e inclusão de indivíduos e a criação de novas sessões (HIRATA, BERKENBROK e PICHILIANI, 2011). Uma boa estrutura para gerenciamento da comunicação possibilita também a criação de laços culturais e compartilhamento de novas experiências e lições aprendidas no processo (AFSARMANESH e CAMARINHA-MATOS, 2005).

2.2 MODELAGEM DE PROCESSO DE NEGÓCIOS PARA ACVS

A modelagem de processos de negócios é responsável pela representação de todo o processo com suas atividades (relações causais e temporais); regras de negócio; condições (ações que geram reação) e produtos/saídas (AALST, HOFSTEDE e WESKE, 2003). Embora a modelagem de processos de negócio já fosse utilizada por outras áreas, foi a área de engenharia de sistemas que formalizou o termo BPM (*business process management*) em 1960 (CHINOSI, TROMBETTA, 2012).

Atualmente, BPM pode ser caracterizado como o uso de *software*, métodos e técnicas para projetar, aprovar, controlar e analisar processos operacionais que envolvem organizações, pessoas, aplicações,

documentos e outras fontes de informação (AALST, HOFSTEDE e WESKE, 2003).

A modelagem formal para os processos de negócio evita interpretações diferentes por parte dos diversos participantes, mesmo em atividades complexas (MAZANEK e HANUS, 2011). Além disso, quando baseada em padrões facilita a interpretação das atividades a serem realizadas, permite que cada participante compreenda o processo como um todo e ainda possibilita que menos sistemas sejam construídos a partir do zero (AALST, HOFSTEDE e WESKE, 2003).

Para auxiliar na fase de modelagem dos processos, a notação de modelagem de processos de negócios (*Business Process Model and Notation* - BPMN) foi publicada em 2004 pela *Business Process Modeling*. Parcialmente inspirados no diagrama de atividades da UML (*Unified Modeling Language*), os modelos BPMN são fluxogramas que representam graficamente o processo (BPM) por meio da especificação das suas atividades e relações (MAZANEK e HANUS, 2011).

A linguagem de execução de processos de negócios (*Business Process Execution Language* - BPEL), embora atualmente mantida pela OASIS, foi criada em 2002 pelas instituições IBM, BEA e Microsoft. A linguagem BPEL é baseada nas linguagens WSFL (*Web Services Flow Language* da IBM) e XLANG (*XML language* da Microsoft) (ALVES et al., 2007) e é utilizada para executar as atividades representadas pelo BPMN de forma orquestrada (em ordem).

Além do BPMN existem outros formalismos propostos para a especificação de processos de negócios. Dentre eles, destacam-se o RosettaNet (1998),

o ebXML (2002) e o UBL (2004), conforme apresentados a seguir.

O padrão RosettaNet é desenvolvido e atualizado desde 1998 por um grupo de empresas provenientes principalmente do setor de tecnologia (KAUREMAA, NURMILAAKSO e TANSKANEN, 2010). O RosettaNet visa ser global e aberto para agilizar e facilitar a criação de comunicação empresarial eficiente entre múltiplas plataformas, aplicativos e redes por meio da definição de diretrizes e especificações com base em protocolos existentes. Para isso, o RosettaNet estabelece um vocabulário comum baseado em linguagem de marcação extensível (*eXtensible Markup Language - XML*) para comunicação, assim como protocolos para garantir a segurança, o transporte e o roteamento dos dados transmitidos (CHONG e KENG-OOI, 2008).

O ebXML é uma iniciativa que utiliza a linguagem de marcação extensível (*electronic business using eXtensible Markup Language - ebXML*) para a especificação de negócios eletrônicos, lançado no ano de 2000, mas registrado pela OASIS apenas em 2002 (GEYER, 2006). O ebXML atua como um padrão de XML que auxilia na construção da documentação de negócio com base em um conjunto comum de componentes reutilizáveis (PATIL e NEWCOMER, 2003). Ele se baseia em três conceitos que visam estabelecer: I) uma infraestrutura que garante a interoperabilidade de comunicação de dados; II) uma estrutura que garante interoperabilidade comercial e III) um mecanismo que permite às empresas encontrarem umas as outras, estabelecerem acordos e tornarem-se parceiras.

Por fim, a linguagem universal de negócios (*Universal Business Language - UBL*) objetiva codificar e

personalizar processos de negócios por meio da disponibilização de um conjunto manipulável de documentos de negócios compatível com as especificações ebXML (LIU, 2010). O padrão UBL foi publicado em 2004 pela OASIS (MEADOWS e SEABURG, 2004). Ele atua como uma biblioteca de objetos e define um formato de intercâmbio XML genérico para os documentos de negócio.

Percebe-se com a apresentação dessas linguagens que a modelagem de processos, se baseada em padrões, facilita a integração das PMEs que objetivam trabalhar de forma colaborativa. Isso ocorre porque a aplicação de padrões tem o poder de aumentar o grau de entendimento dos processos e serviços envolvidos na colaboração.

A definição e uso de padrões também possibilita a reutilização de processos ou de parte de suas atividades. Essa reutilização permite uma redução no tempo e no custo do desenvolvimento da integração dos sistemas, para processos de negócios semelhantes.

2.3 INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS BASEADA EM SOA COM SUPORTE A ESB

No cenário de integração de sistemas para formação de OVs é comum existir heterogeneidade entre os sistemas a serem integrados, tanto sob o ponto de vista de *hardware*, quanto de *software*. Isso ocorre porque existem centenas de diferentes linguagens de programação e componentes de *hardware* disponíveis, e, devido à autonomia entre as organizações

participantes, nada garante que elas utilizem os mesmos sistemas e equipamentos.

Além da escolha de diferentes *softwares* e *hardwares*, há também o fato de que algumas organizações evoluem seus sistemas no decorrer do tempo enquanto outras os mantêm inalterados. Os sistemas que permanecem por um longo período de tempo sem evolução e, mesmo assim, a organização os utiliza, são comumente chamados de sistemas legados.

No momento em que a comunicação é estabelecida entre os sistemas envolvidos é necessário levar em consideração que o modo como a interação é realizada afeta as possibilidades de comunicação, coordenação e cooperação entre os participantes de forma que tudo deve ser planejado e integrado com foco no objetivo a ser alcançado (HIRATA, BERKENBROK e PICHILIANI, 2011).

Uma das tecnologias mais utilizadas na integração de sistemas recentemente é a arquitetura orientada a serviços (*Service Oriented Architecture* – SOA). SOA representa uma arquitetura que orienta a criação, gerenciamento e utilização de serviços. Ela provê suporte à integração de aplicações distribuídas em ambientes heterogêneos de forma rápida, com baixo custo e complexidade (BREOVOLD e LARSSON, 2007).

A arquitetura SOA propõe a utilização de serviços como blocos de construção para facilitar a componentização dos sistemas e posterior reutilização de código (HEWITT, 2009). Nela, os serviços são criados e disponibilizados em servidores para que clientes dispersos fisicamente e com diferentes características de *hardware* e *software* possam invocá-los e utilizá-los. A invocação e utilização ocorre por meio da identificação

(dinâmica ou fixa) do serviço a ser utilizado e da passagem dos parâmetros.

Um serviço é uma representação lógica de uma atividade de negócios repetível com resultado específico (por exemplo, verificar o crédito do cliente ou fornecer dados da produção). Um serviço pode ser autossuficiente ou composto por outros serviços. Em ambos os casos o código é uma “caixa-preta” para os consumidores finais (THE OPEN GROUPS).

Conforme ERL (2009) especifica, o uso adequado de serviços permite à SOA promover algumas características como:

1. Baixo acoplamento: serviços podem manter relacionamentos que minimizam as dependências e requerem apenas o conhecimento um do outro para utilização.
2. Definição de contrato: contratos permitem definir coletivamente uma ou mais descrições de serviços relacionados para estabelecer a comunicação.
3. Autonomia: serviços detêm o controle sobre a lógica de programação que os constitui.
4. Abstração: a lógica de programação aplicada na criação do serviço não precisa ser compreendida pelos clientes que o utilizam.
5. Reutilização: uma vez criado, um serviço pode ser invocado por diversas aplicações diferentes sem necessidade de nova codificação.
6. Modularidade: diversos serviços existentes podem ser coordenados para formar um serviço composto.

7. Descoberta: os serviços são descritos para que possam ser encontrados e invocados por meio de mecanismos de descoberta disponíveis.

Apesar de fornecer um mecanismo flexível para integração de sistemas, SOA foca no desenvolvimento de novos serviços e negligencia aspectos como segurança, confiabilidade, gerenciamento de transações e orquestração de processos de negócio (LI et al., 2010), importantes ao ACV. Embora seja possível implementar tais opções na arquitetura, recomenda-se o uso de um ESB para evitar a recodificação de tecnologias já existentes, testadas e otimizadas (HEWITT, 2009).

Os ESBs são baseados em padrões e combinam mensagens, serviços, transformação e roteamento inteligente de dados. O ESB atua como uma camada de comunicação intermediária entre servidores/serviços e aplicações heterogêneas na arquitetura SOA (GARCÍA-JIMÉNEZ, MARTÍNEZ-CARRERAS e GÓMEZ-SKARMETA, 2010).

ESBs possibilitam que conexões sejam criadas com segurança e que a interação de um número significativo de aplicações em empresas estendidas com integridade transacional sejam coordenadas (CHAPPELL, 2004), sem a necessidade de criar ligações visíveis aos clientes (HEWITT, 2009). Estas características proveem ao ESB a flexibilidade necessária na reunião dos serviços e aplicativos que permitem a operação de negócios distribuídos e colaborativos de forma segura e coordenada.

Como visto, o ESB fornece um conjunto de capacidades que permitem transformar, mediar e rotear mensagens, assim como invocar e mediar serviços para facilitar a interação entre recursos de TIC (aplicações,

serviços, informações, plataformas, etc.) de forma coordenada e confiável (GARCÍA-JIMÉNEZ, MARTÍNEZ-CARRERAS e GÓMEZ-SKARMETA, 2010).

Por agregar diversas funcionalidades em uma única plataforma, o ESB é considerado a tecnologia de integração de sistemas mais adequada para ser utilizada na criação e configuração de ACVs que criam e gerenciam OV's. Dentre as características já indicadas, o uso de ESB se destaca em comparação às demais tecnologias, para uso pelas RCOs, principalmente por apresentar menor dificuldade de integração e maior segurança no roteamento das mensagens trocadas pelas PMEs participantes.

Existe uma relevante quantidade de ferramentas ESB disponíveis. Na pesquisa efetuada neste trabalho foram consideradas apenas as ferramentas disponibilizadas de forma *free* (sem custo de aquisição) e *open source* (com possibilidade de edição do código da ferramenta para adicionar ou remover funcionalidades desejadas).

Entre as funcionalidades esperadas de uma ferramenta ESB destacam-se: 1) Facilidade de instalação e configuração para uso da ferramenta; 2) Transparência de localização para o cliente; 3) Transformação de mensagens com diferentes padrões de identificação dos dados; 4) Roteamento e aprimoramento de mensagens como formas de determinar o destino das mesmas e adicionar informações necessárias e ausentes com base nos dados de entrada e regras pré-definidas; 5) Segurança; 6) Monitoramento e gestão do processo em execução; 7) Interface gráfica; 8) Extensibilidade; 9) Licença sob a qual a versão foi desenvolvida; 10) Data de lançamento

da versão avaliada e 11) Suporte relacionado ao padrão seguido (STRAUCH et al., 2012 e RADEMARKES e DIRKSEN, 2009).

Após a determinação das características fundamentais para atingir os objetivos desejados neste trabalho e estudo da documentação das ferramentas disponíveis, o Quadro 1 foi criado e sintetiza as ferramentas (colunas) consideradas mais relevantes e suas respectivas funcionalidades (linhas).

A arquitetura definida para cada ferramenta ESB está relacionada aos padrões definidos que devem ser levados em consideração para facilitar a reusabilidade de código entre diferentes provedores de serviços ou ferramentas ESB.

As três ferramentas apresentadas possuem em comum, conforme observado no Quadro 01, conversão dos protocolos mais comuns com possibilidade de expansão, são *free*, *open source* e realizam gerenciamento multiusuário.

A ferramenta *Apache ServiceMix 4.5.3* atende todos os requisitos considerados importantes para esta pesquisa e suporta tanto o padrão OSGi quanto o JBI. Porém, ao avaliar a facilidade de aprendizagem e manuseio da ferramenta as dificuldades encontradas são maiores se comparada às demais ferramentas.

Apache serviceMix 4.5.3 não possui interface gráfica, o que limita todo o desenvolvimento à digitação de código (*prompt*, *fuse* ou *eclipse*). A ausência de uma interface gráfica na ferramenta cria dificuldades tanto de aprendizagem quanto de desenvolvimento, pois a utilização de código demanda mais tempo para realização destas atividades. Além disso, embora a ferramenta *Apache serviceMix 4.5.3* possua uma

documentação abrangente, esta documentação foi considerada dispersa e de difícil manuseio no momento de avaliação da ferramenta.

Quadro 1 – Ferramentas ESB

Funcionalidade / Ferramenta	Apache ServiceMix 4.5.3	Mule ESB Community 3.4.0	WSO2 ESB 4.8.0
Instalação	Descrita	Descrita	Descrita
Transparência	Sim	Sim	Sim
Transformação	XSLT	Gráfica – clicar e mover (XSLT, XPath e XQuery)	XSLT, XPath, Xquery e Smooks
Roteamento e Aprimoramento	Normal Message the Router	Componente visual configurável	Enterprise Integration Pattern
Segurança	Ws-Security	Acoplável	Ws-Security
Monitoramento	Acoplado	Acoplável	Web-Based
Interface gráfica	Prompt, fuse ou eclipse	Própria com clicar e mover	Netbeans ou Eclipse
Extensibilidade	Java, Spring e Linguagem Script	Java	Java, Pojo, Spring e linguagens Script
Licença	Apache v2	CPAL	Apache v2
Lançamento	10/2013	08/2013	12/2013
Arquitetura	OSGi com suporte a JBI	Própria com suporte a JBI (Mule JBI)	OSGi

Fonte: Produção da própria autora

A ferramenta *Mule ESB Community 3.4.0* ganha destaque entre as demais por apresentar uma plataforma de integração flexível e visual que agiliza e facilita tanto a aprendizagem quanto a utilização da ferramenta por parte da equipe de desenvolvimento e gerenciamento. Além da facilidade de aprendizagem e manuseio da ferramenta, a documentação foi considerada mais organizada. A classificação e organização do conteúdo disponível na documentação torna as buscas pelas informações necessárias menos complexas e demoradas se comparada às demais ferramentas avaliadas.

Apesar da ferramenta *WSO2 ESB 4.8.0* atender os pré-requisitos considerados importantes para implementação dessa pesquisa, o monitoramento do processo nessa ferramenta ocorre apenas em sua plataforma *Web-based*. Além da limitação no monitoramento do processo, essa ferramenta, assim como a ferramenta *Apache ServiceMix 4.5.3*, não possui uma interface amigável que facilite a aprendizagem, desenvolvimento e gerenciamento dos processos de negócio.

Dessa forma, opta-se por trabalhar com a ferramenta *Mule ESB Community 3.4.0* que se apresenta completa para implementação dessa pesquisa, bem como possui características adicionais com relação as demais ferramentas que ampliam a possibilidade de uso dela em projetos futuros.

2.4 ONTOLOGIAS PARA REPRESENTAR E COMPREENDER O CONHECIMENTO

Devido à complexidade e heterogeneidade dos sistemas atuais, torna-se cada vez mais difícil integrá-los a fim de torná-los aptos a trabalharem de forma conjunta e coordenada (KASHYAP, BUSSLER e MORAN, 2008). A abundância de informações disponíveis provoca a ocorrência de ambiguidades que dificultam a busca e recuperação de informações quando desejadas em determinados momentos.

A dificuldade para encontrar determinadas informações armazenadas em computadores criaram a necessidade de adição explícita do significado desses dados. Com base nessa necessidade, foram propostos mecanismos de indexação de informações para facilitar a localização e, por consequência, o processamento das informações desejadas. Dentre esses mecanismos, destaca-se o uso de ontologias para representar e compreender o conhecimento armazenado.

Uma ontologia pode ser vista como uma abstração para representar, compreender e recuperar o conhecimento humano (BEM e COELHO, 2013) por meio de um conjunto de conceitos com suas propriedades e inter-relações (KASHYAP, BUSSLER e MORAN, 2008). O conceito de ontologia é aplicado por diversas áreas como gestão do conhecimento, recuperação de informação, sistemas de informação, etc.

Na área de ciência da computação o uso de ontologias foi intensificado com a proposta de web semântica, surgida devido a popularização da internet que desencadeou a necessidade de novas abordagens

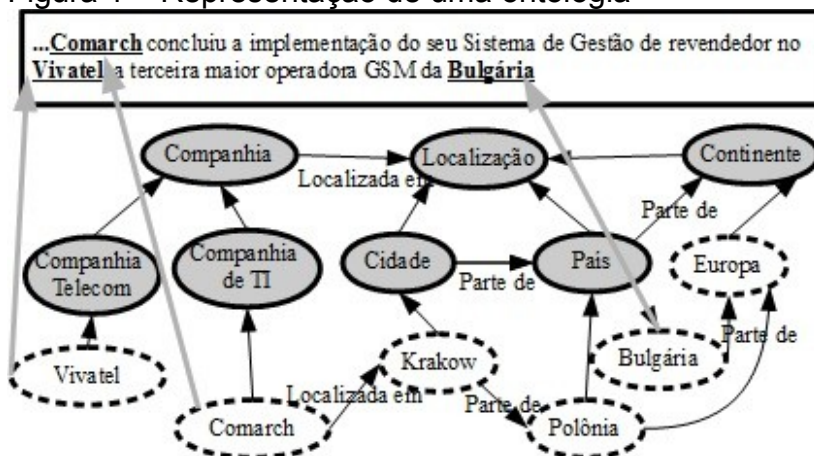
para representar, armazenar, processar, organizar, acessar e compartilhar informações de diversas formas (ALMEIDA e BARBOSA, 2009 e DUTRA et al., 2013).

A web semântica foi proposta em 2001 por Tim Berners-lee e outros pesquisadores com intuito de solucionar o problema de falha na interpretação dos computadores e reduzir o tempo de busca das informações (BERNERS-LEE, HENDLER e LASSILA, 2001 e SALES, CAMPOS e GOMES, 2008). A intenção da proposta é adicionar metadados aos recursos já publicados na web por meio do uso de ontologias. Uma vez que metadados sejam adicionados aos recursos, eles possibilitam o uso de termos de referência em publicações, documentos ou outras formas de troca de informações entre sistemas de diversas empresas, seja pela web ou outra forma definida para buscar o conhecimento disponível (KASHYAP, BUSSLER e MORAN, 2008).

Ontologias podem ser representadas por meio de textos, tabelas, gráficos ou linguagens específicas. Entre as linguagens de representação destacam-se: RDF (Resource Description Framework) que possui boa flexibilidade de representação por ser equivalente ao paradigma de redes semânticas; OIL (*Ontology Inference Layer*), derivada da RDF, que ampliou a capacidade de representação da primeira e, por fim, OWL (*Ontology Web Language*) recomendada pela W3C para representação de ontologias na web (ABEL e FIORINI, 2013). As diferenças entre as linguagens estão na facilidade, expressividade e propriedades computacional que cada uma oferece (NAZÁRIO, DANTA e TODESCO, 2012).

A Figura 1 apresenta um exemplo de aplicação do uso de uma ontologia para representação e busca de determinada informação. Observa-se nela o retângulo na parte superior que representa uma informação, as elipses preenchidas que representam a ontologia criada e as elipses tracejadas e sem preenchimento que representam a base de conhecimento usada para anotar e enriquecer semanticamente o texto contido no retângulo superior.

Figura 1 – Representação de uma ontologia



Fonte: Adaptado de Tramontim Junior e Rabelo, 2007

Com base nas informações providas pela ontologia, é possível extrair do texto "Comarch concluiu a implementação do seu Sistema de Gestão de revendedor no Vivatel, a terceira maior operadora GSM

da Bulgária” os seguintes significados: Vivatel é uma companhia de telecomunicações; Comarch é uma companhia de TI localizada na cidade Krakow, que faz parte do país Polônia, que é parte do continente Europa.

Com a representação explícita e formal do conhecimento provido pelas ontologias, tanto o ser humano quanto as máquinas podem interpretar semanticamente que "Comarch" é uma Companhia de TI localizada na Polônia e que faz parte da Europa (TRAMONTIN JUNIOR e RABELO, 2007). Dessa forma quando for necessário, por exemplo, buscar textos que contenham informações sobre empresas de TI localizadas na Europa, o texto apresentado no retângulo superior da Figura 1 será parte do resultado.

A utilização de ontologias na representação e busca do conhecimento permite: I) estabelecer hierarquia de classes, instâncias e relacionamentos; II) adicionar regras de inferência; III) representar as informações no nível semântico dos recursos; IV) recuperar informações com maior significado (semântica); V) enriquecer a descrição de serviços e VI) auxiliar na automatização de serviços que precisam interpretar informações (AKKIRAJU et al., 2005).

O uso de ontologias permite adicionar relacionamentos e regras entre os termos para formalizar, descrever e organizar o conhecimento. Dessa forma, se comparada a outras abordagens de representação, a ontologia possibilita melhor definição da semântica do conhecimento, da formalização e da legibilidade tanto por humanos quanto por computadores (NAZÁRIO, DANTAS e TODESCO, 2012).

O conceito de representação permite a identificação automática de parâmetros sinônimos,

mesmo que armazenados com diferentes denominações. Os recursos (serviços e parâmetros) das PMEs participantes do ACV podem ser representadas em uma ontologia por meio de um conjunto de conceitos com suas propriedades e possíveis relacionamentos de forma que os computadores se tornem capazes de compreender as informações ali contidas.

O maior diferencial no uso de ontologias é a possibilidade de busca semântica com foco nos resultados. Por exemplo, ao realizar uma busca na ontologia pela “cidade” de “São Paulo” o resultado deverá omitir informações sobre o “time de futebol”, o “santo” ou o “estado” como um todo se não estiverem relacionadas diretamente à cidade buscada. Assim como, em uma busca por fotografias de casas podem retornar imagens salvas no banco de diversos países com diferentes denominações como “*house*” (Inglês), “*casa*” (Português), “*haus*” (Alemão) ou “*dom*” (Polonês) desde que relacionadas corretamente na ontologia.

Pesquisadores têm identificado a importância das ontologias para representação e busca do conhecimento, de forma que direcionam suas pesquisas para esta área com objetivos de automatizar cada vez mais a identificação semântica. A seção 2.5 apresenta pesquisas consideradas relacionadas por abordarem a utilização de ontologias com foco na integração de sistemas que possuem dados heterogêneos.

2.5 TRABALHOS RELACIONADOS

Com o aumento da necessidade de interpretação semântica por parte dos computadores para diversos fins, as técnicas de recuperação semântica de informações baseadas no uso de ontologias têm se expandido cada vez mais. Os ACVs não ficam fora dessa evolução, pois para estabelecer a comunicação entre os participantes é necessária uma intensa troca de mensagens em diferentes formatos.

Dessa forma, são analisados trabalhos que utilizam representação semântica de modo que a proposta possa ser replicada no contexto de ACVs, mesmo quando não desenvolvidas para esse fim. A seguir são descritas as implementações dos trabalhos relacionados.

Duo, Juan-Zi e Bin (2005) propõem a tradução dos esquemas XML por meio de regras para uma ontologia temporária que deve ser mapeada para a ontologia geral por meio da análise morfológica e estrutural de ambas as ontologias envolvidas. Ou seja, neste caso o esquema XML utilizado pelas PMEs para invocação dos serviços deve ser lido e traduzido para uma ontologia temporária, para então ocorrer o mapeamento com a ontologia geral e possibilitar a compreensão dos sinônimos envolvidos e estabelecer a comunicação.

Wang, Wong e Wang (2010) propõem a criação de uma ontologia para cada PME participante com posterior mapeamento para uma ontologia pública como forma de automatizar a comunicação entre elas. As ontologias são

criadas para representar cada uma das PMEs e uma ontologia genérica é criada para representar as informações do ACV. Dessa forma, no momento de estabelecer a comunicação entre as PMEs, os pesquisadores propõem que as ontologias individuais sejam mapeadas para a ontologia pública.

Tramontin Junior, Rabelo e Hanachi (2010) apresentam um modelo baseado no uso de ontologias para representar o contexto de cada usuário em uma RCO. A proposta foi idealizada sobre um arcabouço de busca semântica e consiste no relacionamento dos conceitos da ontologia com os elementos de contexto identificados, o que permite a realização de uma filtragem baseada em regras para sugerir novos tópicos de busca. A aplicação de semântica na representação do contexto e busca de informações das PMEs do ACV pode ser replicada para a busca e identificação dos parâmetros definidos pelos participantes de forma individual.

Santos (2011) estabelece um modelo de interoperabilidade similar à proposta de Wang, Wong e Wang (2010), porém entre sistemas de uma mesma empresa. A proposta de Santos (2011) consiste em criar uma ontologia para representar cada sistema e uma ontologia geral na qual as demais ontologias devem ser mapeadas. Embora este modelo não tenha sido idealizado para ACVs é possível correlacionar a proposta, se cada sistema da empresa representar uma PME participante e a ontologia geral representar o ACV. No momento de iniciar a comunicação, os atributos de todas as ontologias devem ser relacionados à ontologia do ACV.

Li, Xie e Tang (2012) abordam a criação de ontologias por participante e interligação delas por meio de regras de inferência. As ontologias são criadas em nível de tarefa, serviços e recursos utilizados para produção de um determinado produto. Elas representam uma rede virtual estática, de forma que a produção de diferentes tipos de produtos envolve a criação de diferentes ontologias. Após a criação das ontologias as regras de negócio são transformadas em regras de raciocínio que permitem a organização e descoberta do conhecimento. Essa abordagem torna-se trabalhosa em ambientes dinâmicos como as OV's que mudam de objetivos e participantes constantemente.

Tu, Zacharewicz e Chen (2014) propuseram a criação de uma ontologia para cada sistema a ser integrado que deve ser enviada com a mensagem no momento de estabelecer a comunicação. Ao receber a mensagem e a ontologia do emissor, o receptor precisa correlacionar ambas para compreender o significado. O receptor poderá, de acordo com regras definidas, incluir as novas informações em sua própria ontologia e descartar a ontologia recebida. Ou seja, no contexto do ACV, cada PME teria sua própria ontologia que seria enviada junto com a mensagem e de acordo com regras definidas seria compreendida pelo receptor que mapearia a ontologia recebida à ontologia própria e compreenderia a mensagem.

O Quadro 2 exibe de forma resumida as características (colunas) listadas para cada trabalho (linhas) analisado.

Quadro 2 – Características das pesquisas

Pesquisa / Característica	Suporta serviços	Suporta ESB	Ontologia
Duo, Juan-Zi, Bin	Sim	Não	Por XML + 1 geral
Wang, Wong e Wang (2010)	Sim	Não	Por participante + 1 pública
Tramontin Jr, Rabelo e Hanachi (2011)	Sim	Não	Por contexto
Santos (2011)	Não encontrado	Não	Por sistema + 1 geral
Li, Xie e Tang (2012)	Sim	Não	Por participante (tarefa, serviços e recursos)
Tu, Zacharewicz e Chen (2014)	Sim	Não	Por sistema

Fonte: Produção da própria autora.

Nota-se que as abordagens apresentadas, se aplicadas no âmbito de ACVs, adicionam o tempo e o trabalho necessário para relacionar as ontologias de cada PME na fase de criação da OV. Quanto mais tempo a fase de criação da OV demorar, mais tempo as PMEs ficam à espera do início das atividades. Dado que o início da produção impacta diretamente na data de entrega do pedido e liberação dos participantes para atenderem outras demandas, o custo e o trabalho da realização dessa atividade precisam ser reduzidos.

Outro ponto relevante é que as pesquisas descritas não mencionam o uso de ferramentas ESBs

como auxiliares no processo de integração e comunicação entre os sistemas. Conforme exposto anteriormente, o ESB apoia a arquitetura SOA com requisitos fundamentais para formação de OV's como segurança, confiabilidade, gerenciamento de transações e orquestração dos processos de negócio.

Neste trabalho, diferente dos trabalhos analisados, propõe-se criar uma única ontologia para o ACV. Essa ontologia representa os recursos disponibilizados pelas PME's participantes do ambiente. Ao ser aceita pelo ACV, os metadados da PME precisam ser inseridos na ontologia.

Assim, no momento em que uma demanda é identificada e inicia-se a criação da OV, a semântica dos parâmetros dos serviços das PME's escolhidas já é conhecida. Ou seja, a identificação dos parâmetros similares se torna automática. Para mapeá-los é necessário apenas identificar as mensagens trafegadas na rede. Se alguma PME alterar as denominações em sua(s) base(s) de dados, deve-se atualizar a ontologia.

3 SOLUÇÃO PROPOSTA

Para facilitar a criação de OV's, o ACV fornece uma série de elementos de ordem organizacional, legal, técnica, tecnológica, financeira, tributária, etc. Entretanto, estes elementos precisam ser discutidos e acordados pelos participantes, antes que eles estejam prontos para formação de OV's. Dentre os elementos mencionados acima, neste trabalho recebem destaque: I) a infraestrutura de TIC que suporta a comunicação entre as organizações e II) os processos de negócios que definem as regras de trabalho dentro das OV's.

Sobre a infraestrutura de TIC, como mencionado no capítulo 2, foram apresentadas algumas propostas ao longo das últimas décadas, entretanto, a mais utilizada recentemente é a arquitetura SOA com apoio de ferramentas ESB. O objetivo da infraestrutura é prover suporte a interconexão entre as PMEs para que assim elas possam executar os processos de negócios utilizados na realização do trabalho da OV.

Sobre os processos de negócio, é importante destacar que eles envolvem a invocação de processos internos das PMEs da OV. Neste ponto é que acontecem os problemas mencionados no capítulo 1 e que fazem parte do objetivo deste trabalho. Estes problemas estão relacionados às incompatibilidades semânticas existentes entre as interfaces de comunicação dos processos internos das diferentes PMEs e dos processos de negócio do ACV.

Assume-se neste trabalho que as PMEs selecionadas para participar de uma OV têm uma

interface pública orientada a serviço de seus processos internos necessários a operação da OV. Ou seja, as PMEs têm capacidade de disponibilizar serviços para que os demais participantes acessem. Esses serviços estão relacionados principalmente ao processo de produção, como consultar estado do pedido, verificar quantas peças foram produzidas por determinada PME ou por todas elas, atividades em execução, etc.

Sob o ponto de vista de integração, o problema atacado neste trabalho está na mediação e resolução das incompatibilidades semânticas existentes na integração dos processos das PMEs participantes do ACV.

Para mediar e resolver situações associadas à incompatibilidade semântica, a literatura destaca o uso de ontologias como uma ferramenta capaz de representar formalmente a semântica de um domínio (ver capítulo 2). A representação semântica permite mapear de forma automática as correspondências entre conceitos com diferentes denominações considerados sinônimos dentro do domínio representado.

A identificação dos diferentes conceitos utilizados para representar operações e parâmetros com mesmo significado por diversas PMEs é uma atividade que precisa ser realizada para que os sistemas sejam integrados. Dessa forma, a propriedade de mapear correspondências entre conceitos sinônimos é fundamental para o propósito de integração de sistemas.

A inserção de suporte semântico permite que o mapeamento de parâmetros seja realizado de forma automática na fase de integração dos sistemas. Com isso as PMEs se tornam aptas a cooperarem entre si de forma acelerada se comparado ao processo realizado de

forma manual e, portanto, os prazos de entrega são antecipados. Ao antecipar a entrega, antecipa-se também a obtenção de lucro (se houver) e a liberação das PME envolvidas para colaborar em outra demanda.

Para isso é necessário que ao aceitar participar do ACV, os recursos disponibilizados pela nova PME sejam inseridos na ontologia e consequentemente atualizados caso a PME realize alterações no(s) banco(s) de dados. Com os recursos já conhecidos e relacionados, no momento em que for preciso mapear os dados necessários para integração dos sistemas entre quaisquer PMEs para formação de uma OV, bastará incluir o mapeador semântico no processo.

Com o mapeador semântico adicionado no processo, a atividade de identificar os dados e mapeá-los manualmente torna-se automática. A redução do tempo da atividade de integração dos sistemas está diretamente relacionada à quantidade de dados e respectivos sinônimos envolvidos, bem como, ao conhecimento tácito da equipe de desenvolvedores responsáveis pela integração em reconhecer os dados. Pois, a dificuldade em identificar os sinônimos de forma manual para a atividade de mapeamento, pode variar de acordo com o conhecimento adquirido pelos desenvolvedores ao longo do período de experiência do trabalho desenvolvido no contexto, enquanto o mapeamento semântico dependerá apenas de uma ontologia preenchida de forma concisa, antes da necessidade de integrar os sistemas.

Cada vez que a OV atinge o objetivo especificado, ela é dissolvida e as PMEs são liberadas para participarem em outras demandas. Dessa forma, cada

vez que uma OV é criada, há necessidade de mapear os dados envolvidos, que dizem respeito a diferentes PMEs e diferentes processos/objetivos.

Como mencionado no capítulo 1, o suporte a integração semântica é desenvolvido para apoiar uma ferramenta de comunicação que gerencia a troca de mensagens entre as organizações participantes e que para esta pesquisa é um ESB.

Com base no raciocínio apresentado, a solução proposta para integração dos sistemas das PMEs envolvidas em OVs é composta por dois elementos:

1. A ontologia que define os serviços contidos nos processos de negócios utilizados para gerenciar as OVs e seus respectivos parâmetros. Além disso, a ontologia também armazena as instâncias destes serviços disponibilizados pelas interfaces de cada uma das PMEs pertencentes ao ACV. O objetivo desta ontologia é suportar o processo de mapeamento de serviços e assim permitir a integração entre as PMEs contidas no ACV. O cadastro das instâncias dos serviços disponibilizados pela PME, na ontologia, deve ser realizado antes que ela seja selecionada para trabalhar de forma colaborativa em uma OV;
2. O método de integração de sistemas que realiza o mapeamento do serviço invocado pelo cliente (uma PME participante da OV) ao serviço implementado pelo servidor (outra PME participante da OV), inclusive seus respectivos parâmetros. Este mapeamento é feito por meio da identificação dos nomes e parâmetros dos serviços enviados, e após consulta a ontologia, mapeamento destes aos respectivos nomes e

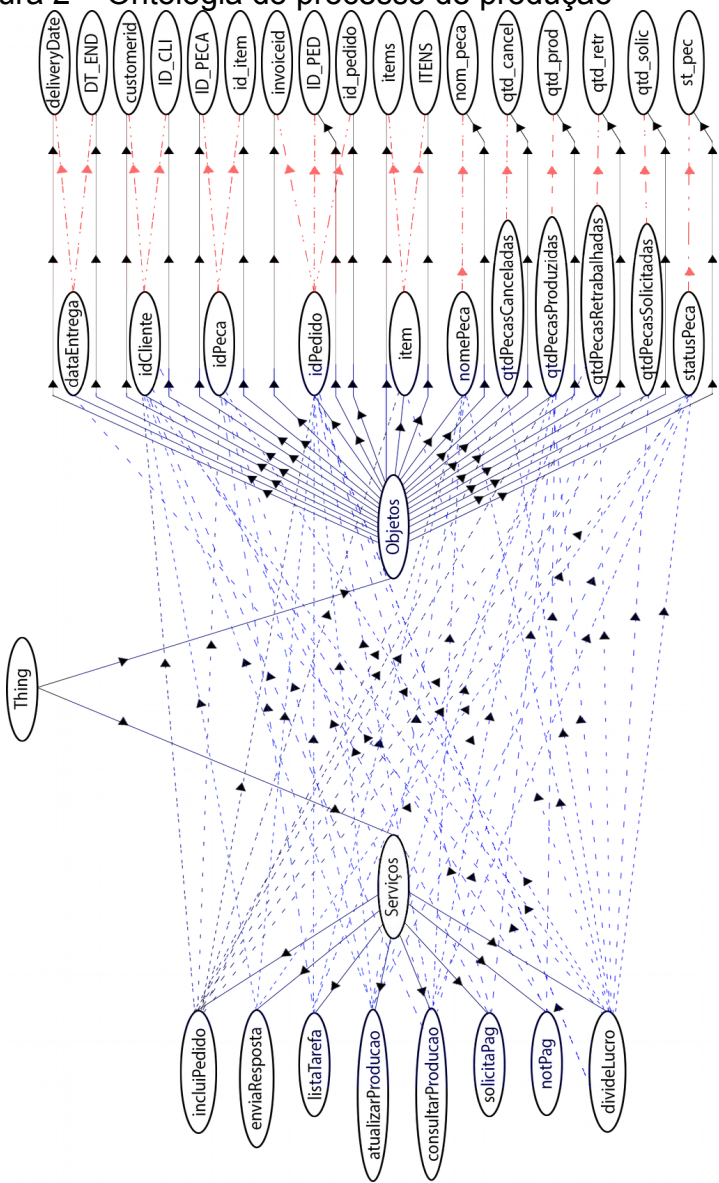
parâmetros dos serviços implementados pela empresa que está sendo invocada. Desta forma, a ontologia realiza o papel de um dicionário onde são consultados sinônimos (conceitos com diferentes denominações mas que possuem o mesmo significado) dos parâmetros de cada serviço representado na ontologia.

3.2 ONTOLOGIA DE MAPEAMENTO DE SERVIÇOS

A ontologia foi estruturada em formato RDF (ver Apêndice A) para representar os serviços e parâmetros utilizados no processo de negócios definido por um ACV de forma genérica para criação e operação de OV. Por meio da inserção das denominações dos serviços disponíveis e dos relacionamentos definidos entre os parâmetros é possível identificar a semântica envolvida no ambiente. Dessa forma, para aplicação em diferentes ACVs é necessário cadastrar os diferentes serviços e parâmetros utilizados pelas PMEs envolvidas mantendo a estrutura proposta para a ontologia conforme descrito e avaliado a seguir.

A Figura 2 apresenta a ontologia desenvolvida para automatizar o processo de mapeamento dos dados na fase de criação da OV. Para facilitar a compreensão, a Figura 3 mostra os serviços e suas relações hierárquicas, a Figura 4 apresenta os objetos e suas relações hierárquicas e a Figura 5 apresenta o exemplo de um serviço chamado “ConsultaProducao” e as relações com seus objetos e possíveis sinônimos.

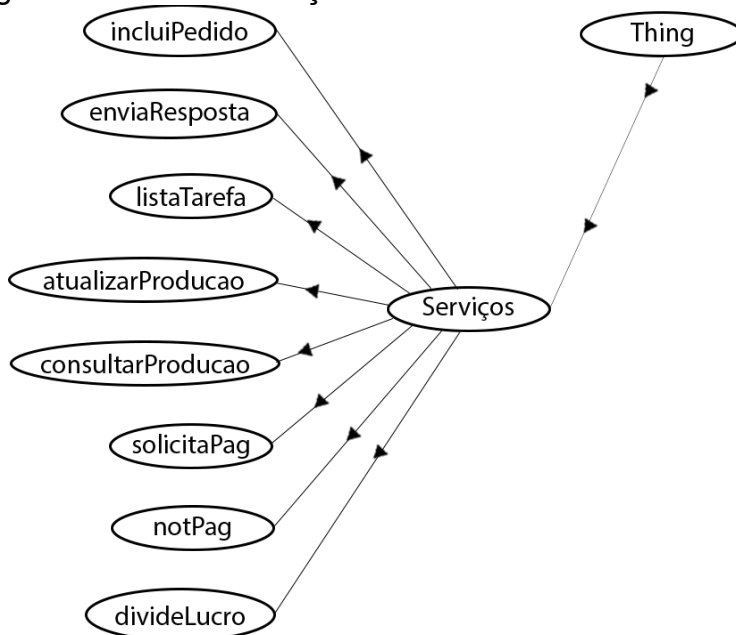
Figura 2 – Ontologia do processo de produção



Fonte: Produção da própria autora

Conforme visualizado a classe OWL “Thing”, raiz da ontologia, tem duas subclasses a “Serviços” e a “Objetos”, as quais têm subclasses e relacionamentos não hierárquicos que identificam a semântica do ambiente. A Figura 3 apresenta a classe “Serviços”.

Figura 3 – Classe “serviços”

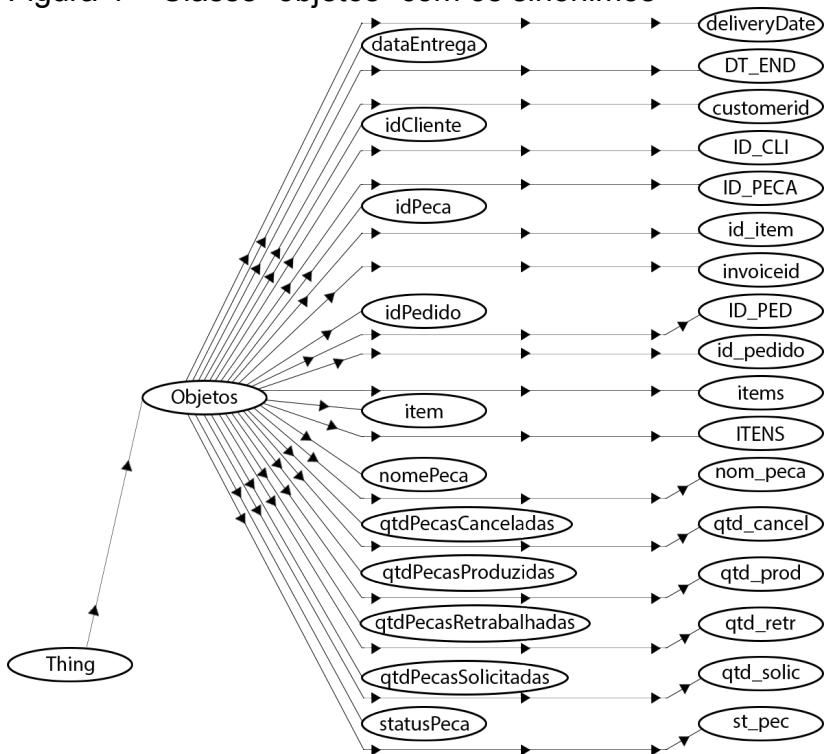


Fonte: Produção da própria autora

Observa-se na Figura 3 que a classe denominada “Serviços” possui como subclasses os serviços utilizados

pelas PMEs que compõem o ACV. A Figura 4 apresenta a classe “Objetos”.

Figura 4 – Classe “objetos” com os sinônimos



Fonte: Produção da própria autora

Conforme visto na Figura 4, a classe “Objetos” representa os dados trafegados na invocação dos

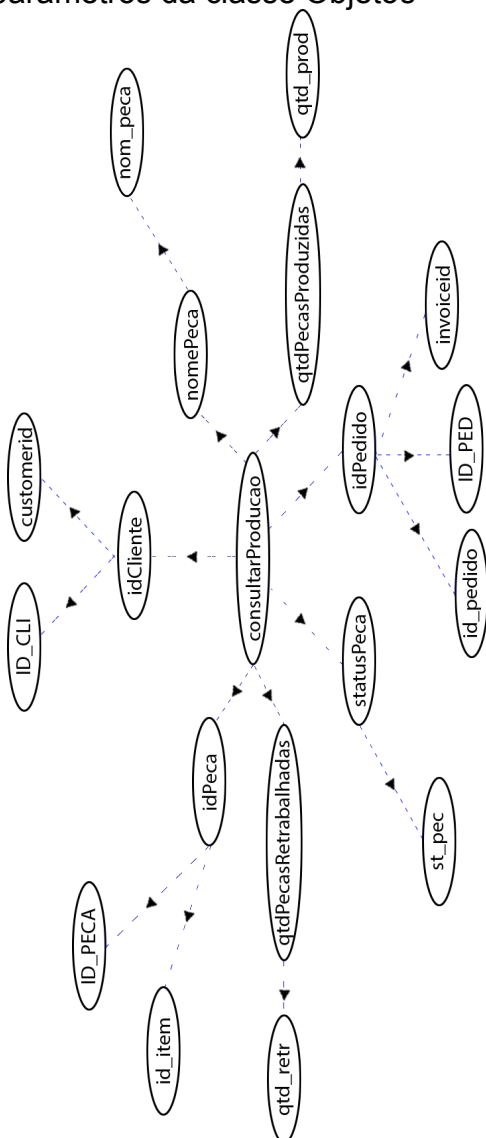
serviços. Ela possui os parâmetros e os sinônimos utilizados pelas PMEs para referenciar os objetos.

A ontologia (Figura 2) contempla os serviços disponíveis (Figura 3) e os sinônimos necessários (Figura 4). Isso permite localizar e associar os parâmetros (e seus respectivos sinônimos de forma automática) aos serviços. A Figura 5 exibe uma parte da ontologia onde é possível visualizar apenas as classes que representam os parâmetros e possíveis sinônimos associados ao serviço “consultarProducao”.

Observa-se na Figura 5 que o serviço “consultarProducao” (da classe Serviços) espera receber como parâmetros os dados (da classe Objetos) “idPeca”, “idPedido”, “nomePeca”, “qtdPecasRetrabalhadas”, “statusPeca”, “qtdPecasProduzidas” e “idCliente”. Entretanto, pode receber qualquer um dos sinônimos cadastrados na ontologia, pois o método de mapeamento saberá identificar cada um de acordo com sua necessidade de processamento.

Sempre que uma nova PME for incluída no ACV ou realizar modificações em sua(s) base(s) de dados e/ou serviços disponíveis após ter sido incluída, a equipe de desenvolvedores responsáveis pela integração dela no ambiente deve analisar as interfaces dos seus serviços e, se necessário, deve inserir na ontologia, os novos conceitos, dados e sinônimos identificados. Assim, quando uma nova OV for criada todos os sinônimos necessários serão encontrados na ontologia de forma a facilitar o mapeamento e agilizar a integração dos sistemas para que as atividades sejam iniciadas.

Figura 5 – Serviço “consultarProducao” associado aos parâmetros da classe Objetos



Fonte: Produção da própria autora

Com os objetos e serviços incluídos na ontologia é possível interceptar a comunicação entre os participantes da OV e, por meio da consulta a ontologia desenvolvida, transformar a invocação enviada pelo emissor em uma chamada no formato esperado pelo receptor. Assim, após o mapeamento, a solicitação será entendida adequadamente pelo receptor, sem necessidade de adaptações nas interfaces dos serviços de ambos os lados.

3.3 MÉTODO DE BUSCA E MAPEAMENTO

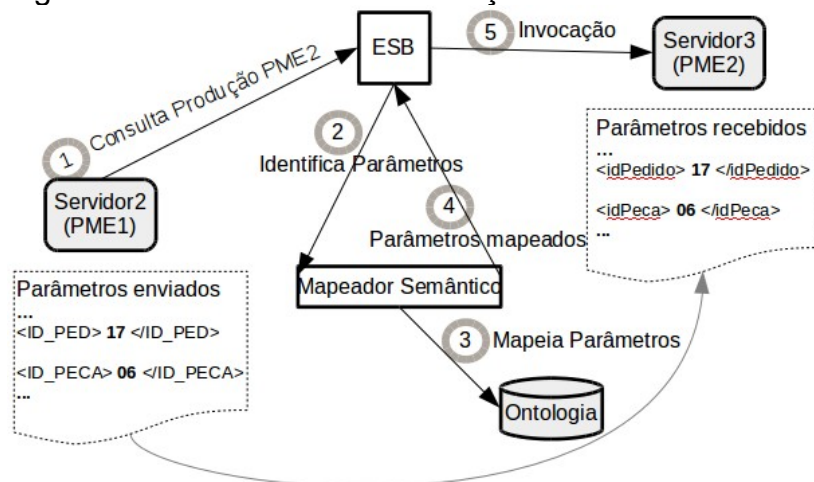
O método de integração proposto se baseia no uso de uma ontologia para realizar o mapeamento dos parâmetros das mensagens enviadas pelo emissor para o formato de invocação esperado pelo receptor. Entretanto, para que o método funcione adequadamente, tanto os parâmetros definidos na chamada quanto os esperados pelo receptor devem estar especificados na ontologia e conter relacionamentos do tipo sinônimo.

Para realizar o processo de mapeamento o método desenvolvido deve realizar as seguintes ações: 1) analisar o arquivo de comunicação enviado para identificar a empresa e o serviço invocados, assim como os parâmetros enviados para o referido serviço; 2) consultar a ontologia proposta para identificar como o serviço solicitado é disponibilizado pela referida empresa; 3) identificar os parâmetros esperados pelo serviço solicitado por meio de consulta a ontologia criada (relacionamentos do tipo sinônimo entre os

parâmetros) e os enviados na invocação; 4) Construir a chamada para invocação correta do serviço solicitado.

A Figura 6 apresenta um exemplo de uma invocação realizada pela PME1 de um serviço implementado no servidor da PME2, conforme funcionamento do método de integração proposto.

Figura 6 – Processo de comunicação



Fonte: Produção da própria autora.

Os passos apresentados na Figura 6 podem ser compreendidos da seguinte forma.

1. A PME1 (emissora) faz a invocação, via ESB, de um serviço específico que a PME2 (receptora) deve fornecer por fazer parte da OV. Dentre os parâmetros enviados pela PME1, é possível

verificar “ID_PED” e “ID_PECAS” e entre os parâmetros esperados pela PME2 os parâmetros correspondentes “idPedido” e “idPeca”;

2. O ESB invoca o mapeador disponível em um servidor próprio com a ontologia (base de conhecimento) e solicita que ele verifique a chamada correspondente à implementação na PME2 (receptora) do serviço requisitado pela PME1 (emissora).
3. O mapeador identifica o serviço invocado e busca na ontologia informações de como o serviço solicitado pela PME1 (emissora) foi implementado pela PME2 (receptora), e se encarrega de identificar os parâmetros enviados e mapeá-los conforme especificado na ontologia.
4. O mapeador retorna ao ESB o serviço solicitado devidamente mapeado para a invocação dele.
5. Finalmente, o ESB faz a invocação do serviço da PME2, que após executado, é mapeado pelo mapeador para o resultado esperado pela PME1.

A inserção dos dados na ontologia é um aspecto fundamental no sucesso do processo de integração, pois se ela não contemplar os serviços e parâmetros utilizados pelas PMEs contidas no ACV ocorrerá erro no processo de mapeamento. Portanto, a ontologia deve ser atualizada sempre que uma nova PME passar a integrar o ACV ou que alguma PME realizar alterações em sua(s) base(s) de dados e/ou serviços disponíveis.

O protótipo desenvolvido pode ser disponibilizado como um serviço em um servidor junto com a ontologia (base de conhecimento) que será consultada. Assim quando ocorrer a invocação de um serviço o ESB deve

primeiro invocar o mapeador e indicar-lhe qual serviço será utilizado e entregar-lhe o objeto XML recebido.

As triplas RDF da ontologia contemplam os relacionamentos necessários (conforme seção 3.2) para que o método de busca seja capaz de identificar os parâmetros e sinônimos procurados. O Método desenvolvido em linguagem Java verifica na ontologia, por meio de buscas SPARQL, quais parâmetros o serviço invocado – e já conhecido – espera receber. Em seguida, realiza outra consulta SPARQL para identificar quais são os relacionamentos de sinônimos existentes entre os parâmetros enviados pelo emissor e os parâmetros esperados pelo receptor para então realizar o mapeamento.

4 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

A avaliação deste trabalho é fundamentada na análise e consultas realizadas na ontologia concebida para validação do método proposto. A ontologia é avaliada através da aplicação de métricas proposta por Bachir Bouiadjra e Benslimane (2011) que medem o grau de cobertura dos resultados, de riqueza na representação do conhecimento e de detalhamento de nível da ontologia.

O método proposto é avaliado por meio da realização de experimentos no protótipo desenvolvido onde o objetivo é identificar se ele provê automação e flexibilidade ao processo de integração de PMEs envolvidas em OV's.

A seguir, a seção 4.1 apresenta o processo de negócio que exemplifica o cenário de teste utilizado na avaliação deste trabalho, a seção 4.2 mostra o ambiente criado para simular este cenário e, por fim, as seções 4.3 e 4.4 detalham a avaliação da ontologia e do método, respectivamente.

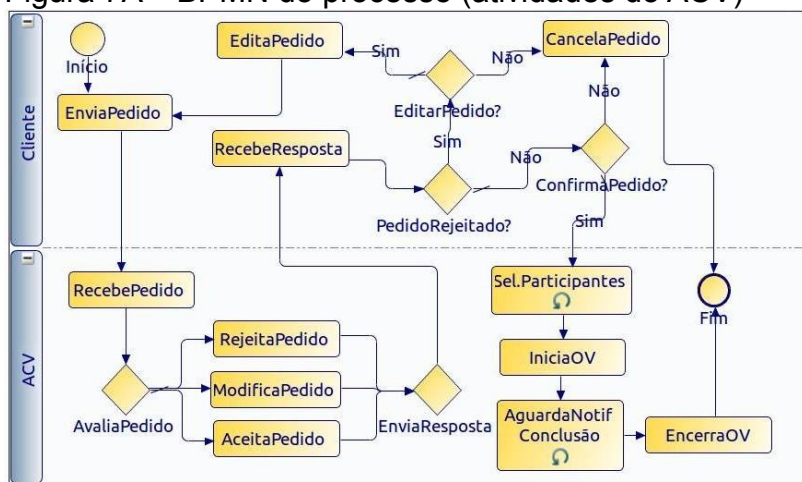
4.1 PROCESSO DE NEGÓCIO DE EXEMPLO

O BPMN de referência foi definido de forma genérica e pode ser aplicado em vários tipos de ACV ou, se necessário, pode ser especializado para um domínio particular. O exemplo utiliza como cenário o pedido de um cliente que pretende abrir um novo restaurante e precisa de mesas e cadeiras personalizadas.

Um ACV pode, por exemplo, identificar a oportunidade e buscar entre seus participantes uma PME que produza as partes de madeira, outra que produza o tampo de vidro, uma terceira que faça o estofamento das cadeiras e uma quarta que realize a montagem e entrega dos itens.

A Figura 7A apresenta as atividades realizadas pelo ACV enquanto a Figura 7B apresenta as atividades realizadas pelas PMEs participantes.

Figura 7A – BPMN do processo (atividades do ACV)



Fonte: Produção da própria autora

Conforme o BPMN apresentado na Figura 7A, após a solicitação do cliente, o ACV recebe as informações do pedido e avalia a possibilidade de

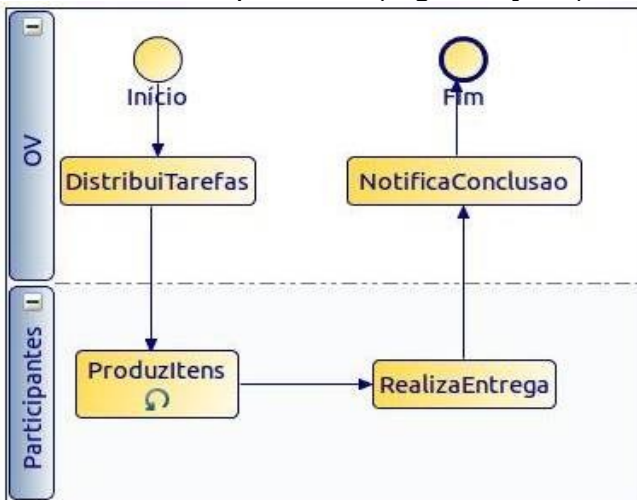
atendê-lo. Se for possível atender a demanda, o ACV retorna ao cliente com uma resposta informando que o pedido foi aceito conforme proposto. Se o pedido necessitar de alguns ajustes para que o ACV possa atendê-lo, o ACV pode modificar o pedido e enviar ao cliente uma resposta mais detalhada que informe sobre as alterações propostas. Se não for possível atender a solicitação, o ACV pode enviar ao cliente uma resposta simples para informar que o pedido foi rejeitado ou uma resposta detalhada para informar também os motivos da rejeição.

Se o cliente confirmar o pedido, o ACV deverá selecionar os participantes aptos e interessados em atender a solicitação. Nessa fase o ACV entra em um laço de repetição até que as PMEs necessárias para cada parte do pedido sejam selecionadas.

No momento em que o ACV forma a OV, esta passa ao processo de produção e as PMEs selecionadas interagem entre si como se fossem uma única organização. Após iniciar a OV, o ACV aguarda até que o pedido seja totalmente atendido e a OV notifique sua conclusão. Após receber a notificação de conclusão o ACV encerra a OV.

A Figura 7B apresenta o fluxo que deve ser executado pelas PMEs selecionadas que participam da OV criada. Após a formação da OV, a comunicação entre as PMEs inicia-se com a distribuição das tarefas a serem executadas. Nesse momento, as tarefas são listadas e distribuídas entre as PMEs selecionadas de acordo com o pedido realizado pelo cliente e com a capacidade de produção de cada organização participante, para que estas iniciem a produção.

Figura 7B – BPMN do processo (organizações)



Fonte: Produção da própria autora

Imediatamente após receber as tarefas a serem realizadas as PMEs participantes iniciam suas atividades. Uma das informações mais compartilhadas entre os participantes da OV diz respeito ao *status* de produção dos itens alocados a cada PME. Cada participante é responsável por gerenciar suas atividades internas a fim de realizar as tarefas incumbidas e estar apto a informar o *status* da produção a qualquer momento. As PMEs permanecem nessa atividade até que a produção dos itens alcance 100%.

A comunicação entre as PMEs participantes e o ACV no intuito de atualizar o *status* da produção é essencial para que a OV possa monitorar os prazos e as entregas. Ao considerar a produção de mesas e cadeiras como exemplo, nesta fase as PMEs executam as tarefas

de produção das estruturas de madeira, dos tampos de vidro, dos estofamentos e da montagem dos itens.

Esta produção precisa ser monitorada, pois, por exemplo, os estofados só poderão ser feitos depois que as cadeiras estiverem prontas e forem entregues ao estofador. Qualquer atraso na liberação das cadeiras comprometerá o planejamento do estofador. Isso também deve ser resolvido pela OV, que monitora a realização do processo de negócio.

Após a conclusão das tarefas, a entrega é realizada ao cliente e a OV notifica o ACV para que possa dissolvê-la. Com a dissolução da OV as PMEs participantes são liberadas para participarem na formação de outras OV, pois o objetivo é considerado atendido.

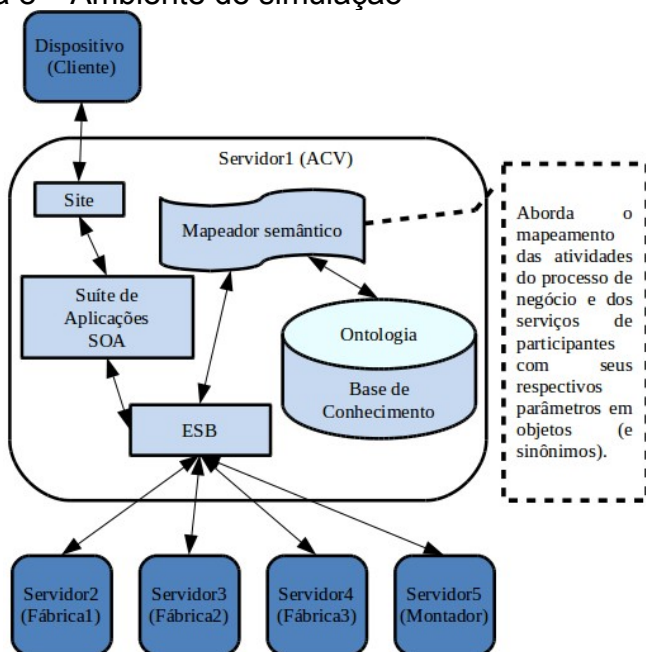
Após a definição dos diagramas BPMN apresentados nas Figuras 7A e 7B, o processo foi exportado para BPEL para ser executado por um motor de execução de processos, que no caso deste trabalho é uma ferramenta ESB. A definição do BPMN e a exportação para BPEL foram realizadas com auxílio da ferramenta *TIBCO Studio Community-3.5* (TIBCO).

4.2 AMBIENTE DE SIMULAÇÃO

Para simular a arquitetura de aplicação da solução proposta foi projetado um ambiente composto por 5 máquinas virtuais, conforme apresentado na Figura 8, onde se destacam dois tipos de servidores, um que representa o ACV e os outros que representam as PMEs

que fazem parte do ACV. Cada um destes dois tipos é detalhado a seguir.

Figura 8 – Ambiente de simulação



Fonte: Produção da própria autora

O Servidor1, apresentado na parte central da Figura 8, é utilizado no gerenciamento do ACV e contém os seguintes componentes:

1. Os dados de entrada do cliente seja por meio da interface do sistema do ACV ou por site disponibilizado (não desenvolvido);
2. A suíte de aplicações utilizadas pelo ACV para o gerenciamento dos processos de negócio envolvidos na criação e operação de OV's;
3. O ESB que possibilita a comunicação entre as PMEs participantes, por meio da execução do BPMN expresso em BPEL que coordena o processo de negócio e invoca os serviços necessários;
4. O componente desenvolvido como parte da solução proposta neste trabalho para facilitar o mapeamento dos dados envolvidos na comunicação e
5. A base de conhecimento que contém a ontologia e suas instâncias.

Cada um dos servidores 2 a 5 representam uma PME que faz parte do ACV e que para participarem da OV precisam se conectar umas com as outras.

Para simular as incompatibilidades semânticas na integração entre as PMEs envolvidas, cada uma disponibiliza, em seu servidor de aplicações, serviços que atendem as atividades contidas no processo de negócio do ACV, porém com diferentes parâmetros. Dessa forma, sempre que um serviço de uma PME for invocado pelo ACV ou por outra PME é necessário primeiramente mapear os parâmetros envolvidos para realizar a correta chamada do serviço solicitado.

O ambiente configurado possibilita – para fins de desenvolvimento e teste do protótipo de solução de integração proposta – a inclusão do pedido do cliente no ACV e o gerenciamento das atividades das OV's. Para

que as PMEs consigam trabalhar de forma coordenada é necessário que elas conheçam o fluxo definido para execução do processo definido na seção 4.1.

4.3 AVALIAÇÃO DA ONTOLOGIA

Bachir Bouiadjra e Benslimane (2011) sugerem a aplicação de um método denominado FOEval com definição de algumas métricas consideradas relevantes para avaliação adequada de uma ontologia. Os autores definem primeiramente algumas questões que devem ser levadas em consideração para aplicação da avaliação em uma ontologia qualquer. Estas questões são apresentadas a seguir:

1. O que avaliar? Se deseja avaliar a ontologia como um todo ou apenas parte dela. No caso da avaliação realizada neste trabalho, deseja-se avaliar a ontologia completa, pois trata-se de uma ontologia que será explorada de forma ampla no momento de sua utilização.
2. Por que avaliar a ontologia? Busca-se com essa avaliação identificar se a ontologia desenvolvida possui boa cobertura, riqueza e nível de detalhes, ou seja, se ela consegue responder as questões buscadas e se foi bem projetada com relação a suas classes e propriedades.
3. Quando deve ser avaliada? A ontologia passa por diversas avaliações em seu ciclo de vida: a) antes da criação para definição dos recursos a serem utilizados; b) durante o processo de construção

para localizar e corrigir possíveis falhas; c) quando há evolução para verificar se a qualidade não foi afetada com as alterações; d) antes de utilizar a ontologia fora do ambiente de testes para verificar se está adequada às necessidades para as quais foi projetada. Apresenta-se nesta seção a avaliação realizada na fase “d”, para validação da proposta que poderá ser aplicada em ambientes reais de ACV posteriormente.

4. Deve ser avaliada com base em quê? Define-se como a ontologia deve ser avaliada, pela estrutura de criação, por um padrão definido, pelas tarefas a serem executadas, pela opinião de especialistas ou por quaisquer critérios desejáveis. Nesta avaliação busca-se verificar se a estrutura de criação foi bem definida, se é capaz de executar as tarefas necessárias e se atende aos critérios esperados.

Após a definição da metodologia, as métricas definidas por Bachir Bouiadjra e Benslimane (2011) consideradas aplicáveis ao propósito de avaliação foram medidas e os resultados são apresentados a seguir.

A cobertura dos termos (Ct) reflete a identificação de determinadas classes na ontologia a partir de parâmetros de busca considerados chave. Por exemplo, se o termo de busca for “dataEntrega” e a ontologia possuir uma classe com esse nome, ela será retornada. A Ct é representada pelo somatório das classes existentes na ontologia para as quais existem correspondências entre os termos buscados e nome definido para a classe.

Para a ontologia avaliada, o valor obtido para a métrica de Ct é de 100% de cobertura, visto que para

todos os parâmetros buscados foram encontradas classes correspondentes cadastradas. Isso ocorre devido ao fato de que quando uma nova PME passa a integrar o ACV, os dados da mesma devem ser cadastrados na ontologia para que possam ser localizados quando necessária realização de buscas e mapeamentos. A classe correspondente ao parâmetro buscado não será localizada somente se houver falha humana no momento de inclusão do novo participante e, nesse caso, ocorrerá falha no processo de comunicação.

A riqueza das relações (rR) reflete a diversidade das relações na ontologia. A rR é representada pela razão entre o número de relações não hierárquicas da ontologia e o número de todas as relações. Para a ontologia avaliada, o valor obtido para a métrica de rR é de 0,63, ou seja, 63% das relações existentes na ontologia são não hierárquicas e apenas 37% são relações de hierarquia. A ontologia avaliada é rica em relações pois, quanto mais próximo de 1 for o resultado, maior é a quantidade de relações não hierárquicas, ou seja, mais rica é considerada (SICILIA et al., 2012).

A riqueza dos atributos (rA) reflete a qualidade referente à quantidade de informações relativas nas instâncias. A rA é calculada com a divisão das relações não hierárquicas pelo número de classes na ontologia. Para a ontologia avaliada, o valor obtido para a métrica de rA é de 1,68, ou seja, cada classe possui em média 1,68 relações não hierárquicas com outras classes. Quanto maior o número de atributos definidos, maior o conhecimento transmitido (MOURA et al., 2013), dessa forma considera-se que a ontologia possui boa rA , pois, possui em média mais de um atributo por classe.

A métrica de riqueza da ontologia é composta pela soma do resultado obtido no cálculo da rR com o obtido na rA. Dessa forma, o resultado obtido pela riqueza da ontologia é 2,31. Com a riqueza das relações em 63% e uma média de 1,68 relações por classe.

A riqueza da ontologia demonstra que há mais relações entre as classes que identificam sinônimos para mapeamentos do que o próprio número de classes cadastradas, isso ocorre devido ao reaproveitamento do conhecimento inserido na ontologia, por meio da adição de atributos e relações. Para o mapeamento dos parâmetros na formação de OV é importante que hajam mais relações não hierárquicas que indicam quais parâmetros/classes podem ser considerados sinônimos do que hierárquicas que apenas classificam as classes cadastradas. Dessa forma, a ontologia desenvolvida pode ser considerada rica tanto em termos de relacionamento quanto em termos de atributos.

A métrica de detalhe de nível global (dNG) reflete o quão bem agrupado o conhecimento se encontra entre as diversas classes e subclasses da ontologia. A dNG é representada pelo número médio de subclasses por classe existente na ontologia.

Para a ontologia avaliada, o valor obtido para a métrica de dNG é de 0,95. Valores próximos de zero indicam uma ontologia horizontal enquanto valores mais próximos de 1 indicam uma ontologia vertical (SICILIA et al., 2012). A ontologia avaliada é considerada vertical tanto pelo resultado da métrica quanto pelo seu objetivo principal de representar detalhes de um domínio - ACV - específico (SICILIA et al., 2012 e DAVID et al., 2014).

A métrica de detalhe de nível específico (dNE) indica o nível médio em que os termos pesquisados se

encontram na ontologia. A métrica de dNE é formalmente definida como a razão entre a soma do número médio de subclasses e superclasses para a classe buscada e o número de classes buscadas.

Para a ontologia avaliada o valor obtido para a métrica de dNE é de 3, visto que os parâmetros buscados encontram-se após descer ao terceiro nível hierárquico da ontologia. Esse resultado mostra que a busca pode ser considerada simples e rápida, pois é preciso percorrer, em média, apenas 3 níveis hierárquicos para encontrar o termo buscado.

A métrica de detalhe de nível (dN) é composta pela soma do resultado obtido para dNG e dNE. Dessa forma, o dN da ontologia avaliada é de 3,95. Esse valor indica que os resultados são obtidos em média no terceiro nível da ontologia e que se trata de uma ontologia vertical criada para um domínio específico.

Os resultados obtidos com a aplicação das métricas na avaliação da ontologia indicam que a ontologia proposta foi bem definida para os fins desejados. A ontologia possui uma cobertura precisa sobre os termos buscados, boa riqueza tanto de relações quanto de atributos na representação do conhecimento e um nível de detalhe que atende as expectativas para a qual a ontologia foi projetada.

4.4 EXECUÇÃO DO PROTÓTIPO

Esta seção apresenta a utilização da ontologia pelo método de mapeador semântico desenvolvido. A

execução consiste em simular a complexidade encontrada na comunicação entre PMEs de uma OV, onde comumente ocorre invocação de serviços com incompatibilidade semântica entre os objetos trocados como parâmetros entre o emissor e o receptor.

Para isso foram criados 32 documentos XML que simulam a troca de informações entre as PMEs participantes. Os dados contidos nestes documentos representam dados contidos nas bases de dados das PMEs, ou seja, já adicionados à ontologia no momento em que foram aceitas no ACV. Assim, é possível executar o método de forma que cada PME simulada invoque todos os serviços disponíveis no ambiente com mapeamento automático entre os parâmetros utilizados que já se encontram na ontologia.

Com os documentos XML criados e o ambiente configurado foi possível simular o processo de comunicação entre as PMEs envolvidas na OV. Neste processo de comunicação o mapeador semântico desenvolvido precisa encontrar os parâmetros utilizados pelo emissor, identificar por meio de buscas na ontologia os parâmetros correspondentes (sinônimos) utilizados pelo receptor e criar a mensagem traduzida para o receptor no mesmo formato de documento.

A Figura 9 exibe o documento XML enviado pelo emissor no lado esquerdo e o documento XML entregue ao receptor com os parâmetros já mapeados no lado direito. Para cada um dos campos identificados no documento XML enviado pelo receptor, o mapeador semântico realiza uma busca na ontologia e identifica o parâmetro correspondente esperado pelo receptor para então realizar as trocas e entrega do documento.

É possível observar na Figura 9 que alguns parâmetros enviados são equivalentes aos esperados enquanto outros precisam encontrar diferentes correspondências no receptor. Todos os parâmetros são buscados na ontologia, pois somente após a busca na ontologia o mapeador semântico pode saber se o parâmetro enviado é equivalente ao esperado ou não.

Figura 9 – Identificação de parâmetros sinônimos

<pre> <?xml version='1.0' encoding='UTF-8'> <soapenv:Envelope xmlns:soapenv="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/" xmlns:emp="http://emp.emp2.com/"> <soapenv:Header/> <soapenv:Body> <emp:incluirNovoPedido> <ID_PED>99</ID_PED> <!--Optional:--> <DT_END>2014-02-20</DT_END> <!--Optional:--> <!--Zero or more repetitions:--> <ITENS> <id_pedido>99</id_pedido> <!--Optional:--> <nom_pecas>Peca de couro</nom_pecas> <qtd_cancel>0</qtd_cancel> <qtd_prod>0</qtd_prod> <qtd_retr>0</qtd_retr> <qtd_solic>50</qtd_solic> <!--Optional:--> <st_pec>P</st_pec> </ITENS> <!--Optional:--> <ITENS> <id_pecas>21</id_pecas> <id_pedido>99</id_pedido> <!--Optional:--> <nom_pecas>Braco metalico</nom_pecas> <qtd_cancel>0</qtd_cancel> <qtd_prod>0</qtd_prod> <qtd_retr>0</qtd_retr> <qtd_solic>10</qtd_solic> <!--Optional:--> <st_pec>P</st_pec> </ITENS> </emp:incluirNovoPedido> </soapenv:Body> </soapenv:Envelope> </pre>	<pre> <?xml version='1.0' encoding='UTF-8'> <soapenv:Envelope xmlns:soapenv="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/" xmlns:emp="http://emp.emp2.com/"> <soapenv:Header/> <soapenv:Body> <emp:incluirNovoPedido> <idPedido>99</idPedido> <!--Optional:--> <dataEntrega>2014-02-20</dataEntrega> <!--Optional:--> <!--Zero or more repetitions:--> <item> <idPedido>99</idPedido> <!--Optional:--> <nomePeca>Peca de couro</nomePeca> <qtdPecasCanceladas>0</qtdPecasCanceladas> <qtsPecasProduzidas>0</qtsPecasProduzidas> <qtdPecasRetrabalhadas>0</qtdPecasRetrabalhadas> <qtdPecasSolicitadas>50</qtdPecasSolicitadas> <!--Optional:--> <statusPeca>P</statusPeca> </item> <!--Optional:--> <item> <id_pecas>21</id_pecas> <idPedido>99</idPedido> <!--Optional:--> <nomePeca>Braco metalico</nomePeca> <qtdPecasCanceladas>0</qtdPecasCanceladas> <qtsPecasProduzidas>0</qtsPecasProduzidas> <qtdPecasRetrabalhadas>0</qtdPecasRetrabalhadas> <qtdPecasSolicitadas>10</qtdPecasSolicitadas> <!--Optional:--> <statusPeca>P</statusPeca> </item> </emp:incluirNovoPedido> </soapenv:Body> </soapenv:Envelope> </pre>
---	---

Fonte: Produção da própria autora

Os documentos XML criados representam as PMEs, de forma que as invocações simuladas possuem parâmetros com denominações diferentes ou similares

às esperadas. Todos os serviços representados na ontologia receberam pelo menos uma simulação de invocação de cada PME participante do ambiente (ver mais exemplos em Apêndices B, C e D).

Os resultados obtidos com a aplicação das métricas de avaliação indicam que a ontologia proposta provê a cobertura esperada sobre os termos buscados, se o processo de inserção de dados for realizado de forma adequada; boa riqueza tanto de relações quanto de atributos na representação do conhecimento, pois há relacionamentos e atributos suficientes para que o buscador semântico possa percorrê-la para encontrar as classes necessárias; assim como, nível de detalhe suficiente para classificar o conhecimento representado e possibilitar que o buscador percorra poucos níveis em busca do resultado esperado, o que possibilita que as buscas encontrem resultados de forma ágil.

Os resultados obtidos com a execução do protótipo confirmam que a busca de sinônimos em uma ontologia possibilita a aplicação do conceito de busca semântica em ESBs. Observa-se nas seções 4.3 e 4.4 que é possível automatizar o processo de integração dos sistemas pertencentes às PMEs envolvidas em OV's via ESBs. Para tal, é necessário provê-lo de um componente que utilize uma ontologia construída e preenchida com dados para realizar o mapeamento de parâmetros entre serviços.

Conforme os resultados obtidos com a aplicação de métricas e execução do *plugin*, observa-se que o protótipo construído para avaliar a proposta se mostrou capaz de oferecer a necessária flexibilidade de mapeamento de serviços e de integração de sistemas requerido pelos ACVs devido à volatilidade das OV's.

5 CONCLUSÃO

Com objetivo de aumentar a quantidade e a qualidade, bem como reduzir os custos e o tempo de produção, pequenas e médias empresas (PMEs) compartilham recursos e competências por meio da união de suas habilidades em redes colaborativas de organizações (RCOs). As formas mais comuns de trabalho neste tipo de rede são as empresas virtuais (EVs) e as organizações virtuais (Ovs) formadas em ambientes de criação de organizações virtuais (ACVs).

Um ACV é responsável por reunir PMEs com objetivos similares e competências complementares que desejam atuar de forma colaborativa. Após reunidas, quando uma demanda é encontrada, o ACV inicia a fase de criação de uma OV ou EV com alguns ou todos os seus participantes.

Tanto as EVs quanto as OVs se caracterizam pela reunião de várias PMEs em um ambiente virtual com objetivo de colaborarem umas com as outras para atingirem um objetivo comum, entretanto, as EVs obrigatoriamente visam o lucro, enquanto as OVs podem se tratar de instituições beneficentes ou outros projetos sem obtenção de lucro. Como a obtenção de lucro é irrelevante para esta pesquisa, EV e OV são tratadas como similares, pois ambas apresentam necessidade de integração dos processos para operarem de forma colaborativa.

Para possibilitar a integração dos processos de negócio de forma que as PMEs possam trabalhar de forma colaborativa faz-se necessário utilizar ferramentas

e tecnologias que facilitem e auxiliem no gerenciamento da comunicação entre elas. Como principal tecnologia apresentada na literatura destaca-se o uso de SOA, enquanto como principal ferramenta para gerenciar a comunicação são destacados os barramentos de serviços corporativos (ESBs).

Embora o ESB promova uma integração segura e coordenada para integração de sistemas, ele não possui um suporte semântico que ofereça flexibilidade e autonomia no mapeamento dos processos e integração, necessários aos ACVs na formação de OV. O problema identificado e tratado por este trabalho está na integração dos sistemas das PMEs envolvidas que possuem diferentes padrões para denominação dos parâmetros utilizados pelas mesmas.

O problema dos parâmetros com diferentes padrões de denominação ocorre porque diferentes PMEs possuem diferentes sistemas construídos por diferentes profissionais que possuem diferentes conhecimentos tácito. Para que a comunicação seja estabelecida entre as PMEs os parâmetros similares precisam ser mapeados de forma que os parâmetros enviados pelo emissor sejam compreendidos pelo receptor independente de padrões adotados para definição dos nomes dos parâmetros em ambos os envolvidos.

O processo de mapeamento dos parâmetros utilizados pelas PMEs costuma ocorrer de forma manual. Com a identificação dos parâmetros envolvidos e associação destes com possíveis sinônimos no momento de criar uma OV. Para automatizar essa atividade assumiu-se como hipótese que a criação de uma ontologia para representar os conceitos e metadados disponibilizados pelas PMEs participantes do ACV,

poderia adicionar semântica ao ambiente e facilitar a compreensão e identificação dos parâmetros envolvidos.

Para agilizar esse processo de mapeamento dos parâmetros para criação de OV, foi proposto neste trabalho o uso de uma ontologia na representação das informações contidas no ACV. Com a concepção da ontologia foi possível desenvolver um método a ser executado pelo ESB de forma que a realização do processo de identificação e mapeamento de parâmetros considerados sinônimos seja realizado de forma automática e agilize o início da comunicação entre as PMEs participantes da OV.

Com intuito de validar a solução proposta foram realizados testes de validação na ontologia através da aplicação das métricas indicadas por Bachir Bouiadjra e Benslimane (2011). As métricas definidas estabelecem valores para avaliação da cobertura dos termos buscados, da riqueza de representação do conhecimento e do detalhamento de nível da ontologia.

Os resultados indicam que a ontologia apresenta 100% de cobertura, ou seja, todos os resultados esperados retornaram corretamente, quando existentes na ontologia. Também indicam que a riqueza da ontologia é de 2,31, ou seja, a ontologia representa o conhecimento com mais relações que classes o que permite que ela seja considerada rica tanto em termos de relacionamento quanto em termos de atributos. A ontologia apresenta detalhamento de nível de 3,95, ou seja, é classificada como vertical (representa um domínio específico de forma detalhada) e as buscas obtêm resultados em média no terceiro nível da ontologia.

Após análise e avaliação da ontologia, o protótipo de mapeador semântico desenvolvido foi executado para

validação do funcionamento do método proposto. A partir da análise das execuções do protótipo foi possível observar que o mapeamento automático dos parâmetros utilizados pelas PMEs participantes do ACV, conforme proposto, permite que o processo de criação de uma OV se torne mais ágil e com menor ocorrência de falhas. Isso ocorre devido ao fato de que os dados das empresas são adicionados na ontologia apenas no momento em que estas passam a fazer parte do ACV, sem a necessidade de realizar mapeamento manual dos dados envolvidos cada vez que uma OV é criada.

Com o processo de mapeamento realizado de forma automática e com maior agilidade, conforme proposto, as atividades da OV podem ser iniciadas em menor tempo e assim concluídas e entregues em data antecipada. A entrega de um projeto possibilita que as empresas envolvidas fiquem disponíveis para início de novos projetos, ou seja, quanto menos tempo for gasto no mapeamento e criação da OV, maior o tempo disponível para que as PMEs envolvidas produzam.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

Com os resultados obtidos com esta pesquisa, observou-se que outras características relacionadas ao problema em questão podem ser exploradas com o objetivo de melhorar a solução proposta. A seguir são apresentadas algumas propostas de trabalhos futuros.

Primeiramente é importante mencionar que a questão relacionada a sinonímia e homonímia e não

foram abordadas neste trabalho. Portanto, um dos trabalhos futuros tem por objetivo criar uma extensão ao método proposto, que consiga identificar esses termos na ontologia e resolver a ambiguidade entre eles, para assim poder realizar as respectivas associações entre os termos que representem corretamente os parâmetros dos serviços.

Outro exemplo de trabalho futuro está relacionado a diferença de unidades de medidas e ausência ou excesso de parâmetros na troca de mensagens. Isso ocorre quando a PME emissora envia uma mensagem com número de parâmetros diferentes (a mais ou a menos) do esperado pela PME receptora ou com valores em diferentes unidades (quilo para grama, metro para centímetro, etc.). Indica-se assim a necessidade de acrescentar funções ao método proposto para tratamento dessas diferenças.

REFERÊNCIAS

AALST, W. M.P. V. D.; HOFSTEDE, A. H. M. T.; WESKE, M. **Business process management: A survey.** Lecture Notes in Computer Science. V. 2678, 2003.

ABEL, M.; FIORINI, S. R. **Uma revisão da engenharia do conhecimento: evolução, paradigmas e aplicações.** International Journal Knowledge Engineering and Management – IJKEM. V2, 2013.

AFSARMANESH, H.; CAMARINHA-MATOS, L. M. **A Framework For Management Of Virtual Organization Breeding Environments.** Em collaborative networks and their breeding environments. Valencia, Espanha, 2005.

AKKIRAJU, R. et al. **Web Service Semantics: WSDL-S.** W3C Member Submission. 2005.

ALMEIDA, M. B.; BARBOSA, R. R. **Ontologies in knowledge management support: A case study.** . Journal Of The American Society For Information Science & Technology 60. V. 10, 2009.

ALVES, A.; et al. **Web Services Business Process Execution Language (WSBPTEL) TC.** OASIS Standard. 2007. Disponível em <<http://docs.oasis-open.org/wsbpel/2.0/wsbpel-v2.0.html>>. Último acesso em 18-Abr-2014.

APACHE. **ServiceMix 4.5.3 released**. Disponível em <<http://servicemix.apache.org/docs/4.4.x/quickstart/quickstart.pdf>>. Último acesso em 10-Jan-2015

AZEVEDO, A. C.; SOARES JÚNIOR, L. **Modelagem de processos de negócios como ferramenta de auxílio à auditoria interna**. Revista PREX.2011.PB.0206, 2014.

BACHIR BOUIADJRA A.; BENSLIMANE S. FOEval: **Full Ontology Evaluation**: Model and Perspectives. IEEE Natural Language Processing and Knowledge Engineering (NLP-KE), 7th International Conference on Tokushima. 2011.

BALDO, F.; RABELO, R. J. **Uma Abordagem Estruturada para Implementação de Ambientes de Criação de Empresas Virtuais**. Anais SIMPOI. 2010.

BEM, R. M.; COELHO, C. C. de S. R. **Instrumentos de Representação do Conhecimento para práticas de Gestão do Conhecimento**: taxonomias, tesouros e ontologias. InCID: Revista de Ciência da Informação e Documentação. Brasil. V. 4, 2013.

BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O.; **The Semantic Web**. Em Scientific American, . 2001.

BREOVOLD, H. P.; LARSSON, M. **Component-Based and Service Oriented Software Engineering**: Key Concepts and Principles. Software Engineering and Advanced Applications. EUROMICRO. 2007

CAMARINHA-MATOS, L. M.; AFSARMANESH, H. **The Virtual Enterprise Concept**. IFIP Working Conf. on Infrastructures for Virtual Enterprises. . 1999.

_____. **Collaborative networks**: a new scientific discipline. Journal of Intelligent Manufacturing. Netherlands. V. 16, 2005.

CAMARINHA-MATOS, L. M. et al. **Collaborative networked organizations** – Concepts and practice in manufacturing enterprises. Computers & Industrial Engineering. 2009.

CHAPPELL, D. A. **Enterprise Service Bus**: Theory in Practice. O'Reilly Media, Inc. 2004.

CHEN, L. **Integrating Cloud Computing Services Using Enterprise Service Bus (ESB). Business and Management Research**. DOI: 10.5430/bmr.v1n1p26. 2012.

CHINOSI, M.; TROMBETTA, A. **BPMN**: An introduction to the standard. Computer Standards & Interfaces. V. 34, 2012.

CHONG, A. Y.; OOI, K. **Adoption of interorganizational system standards in supply chains**: An empirical analysis of RosettaNet standards. Industrial Management & Data Systems. V. 108, 2008.

DAVID, P. B.; et al. **Análise da Afetividade em Fóruns Virtuais: Construção de uma Ontologia de Domínio.** Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE, 2014.

DUTRA, M. L.; et al. **Uma abordagem baseada em ontologias para a área da logística.** Coletânea Luso-Brasileira IV – Gestão da Informação, Inovação e Logística. 2013.

DUO, Z.; JUAN-ZI, L.; BIN, X. **Web service annotation using ontology mapping.** Service-Oriented System Engineering - SOSE 2005. IEEE International Workshop. 20-21 Oct. 2005.

EDEN, A. H. **Three Paradigms of Computer Science.** Minds and Machines, Special Issue on the Philosophy of Computer Science, Vol. 17, No. 2, 2007.

ERL, T.; **SOA Design Patterns.** New Jersey: Prentice Hall, 2009.

FILIPPO, D.; PIMENTEL, M.; WAINER, J. **Metodologia científica em sistemas colaborativos.** Cap. 24 em Sistemas Colaborativos. - PIMENTEL e FUKS. Rio de Janeiro. Elsevier, 2012.

GARCÍA-JIMÉNEZ, F.J.; MARTÍNEZ-CARRERAS M.A; GÓMES-SKARMETA, A. F. **Evaluating Open Source Enterprise Service Bus.** e-Business Engineering (ICEBE), IEEE 7th International Conference on. 2010

GEYER, C. ebXML Milestones. ebXML overview. 2006. Disponível em <<http://ebxml.xml.org/overview>> Último acesso em 15-Mar-2014.

HEWIT, E. **SOA Implementation Recipes, Tips, and Techniques**: Java SOA Cookbook. O'Reilly Media, Inc. Sebastopol. 2009.

HIRATA, C. M.; BERKENBROCK, C. D. M.; PICHILIANI, M. C. **Hardware para Colaboração**. Cap. 19 em Sistemas Colaborativos. - PIMENTEL e FUKS. Rio de Janeiro: Elsevier. 2011.

JÄGERS, H. P. M.; JANSEN, W.; STEENBAKKERS, G. C. A. **Characteristics of Virtual Organizations**. Primavera working paper. V. 98, 1998.

JB1. **JSR 208**: JavaTM Business Integration (JB1). 2005. Disponível em <<https://jcp.org/en/jsr/detail?id=208>>. Último acesso em 20-Mai-2014.

_____. **JSR 312**: JavaTM Business Integration 2.0 (JB1 2.0). 2010. Disponível em <<https://jcp.org/en/jsr/detail?id=312>>. Último acesso em 20-Mai-2014.

KARVONEN, I. et al. **Challenges in the management of virtual organizations**. Em Camarinha-Matos, [S.l.;s.n.]. 2004.

KASHYAP, V.; BUSSLER, C.; e MORAN, M. **The Semantic Web**: Semantics for Data and Services on the Web. 2008.

KAUREMAA, J.; NURMILAAKSO, J.-M.; TANSKANEN, K. **E-business enabled operational linkages**: The role of RosettaNet in integrating the telecommunications supply chain. *International Journal of Production Economics*. V. 127, 2010.

LACKENBY, C. e SEDDIGHI, H. **A dynamic model of virtual organisations**: Formation and development. Em *Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises - CAMARINHA-MATOS*. . V. 1, 2002.

LI, C.; XIE, T.; TANG, Y. **GMVN oriented S-BOX knowledge expression and reasoning framework**. *J Intell Manuf*, DOI 10.1007/s10845-012-0722-x. 2012.

LI, Q. et al. **Business processes oriented heterogeneous systems integration platform for networked enterprises**. *Computers in Industry*, V. 61, 2010.

LIU, Y. **The Implement of UBL in the E-Business**. *Pervasive Computing Signal Processing and Applications (PCSPA)*, First International Conference. 2010.

LOSS, L.; RABELO, R. J.; PEREIRA-KLEN, A. A.; **Towards Learning Collaborative Networked Organizations**. 8th Working Conference on VIRTUAL ENTERPRISES, Springer: V. 243, 2007.

MAZANEK, S.; HANUS, M. **Constructing a bidirectional transformation between BPMN and BPEL with a functional logic programming language**.

Journal of Visual Languages and Computing. V. 22, 2011.

MEADOWS, B.; SEABURG, L. **Universal Business Language 1.0**. cd-UBL-1.0. 2004. Disponível em <<http://docs.oasis-open.org/ubl/cd-UBL-1.0/>> Último acesso em 29-Abr-2014.

MOURA, H. et al. **Developing a Ubiquitous Tourist Guide**. ACM WebMedia'13, November, Salvador, Brazil, 2013.

MULESOFT. **Mule Documentation**. 2012. Disponível em <<http://www.mulesoft.org/documentation>> Último acesso em 20-Dez-2014.

NAZÁRIO D. C.; DANTA M. A. R.; TODESCO J. L. **Representação de Conhecimento de Contexto e Qualidade de Contexto**. Jornada Iberoamericana de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento. 2012.

OsGI. **OSGi Core Release 5 Specification**. 2012. Disponível em <<http://www.osgi.org/Download/Release5>>. Último acesso em 20-Mai-2014.

PATIL, S.; NEWCOMER, E. **ebXML and Web services**. Internet Computing, IEEE. V. 07, 2003.

RABELO, R. **Advanced Collaborative Business ICT Infrastructures**. Em CAMARINHA-MATOS,

AFSARMANESH e OLLUS. Methods and Tools for Collaborative Networked Organizations. 2008.

RABELO, R. J. et al. **Smart Configuration of Dynamic Virtual Enterprises**. IFIP International Federation for Information Processing. V. 149, 2004.

RABELO, R. J.; COSTA, S.; ROMERO, D. A **Governance Reference Model for Virtual Enterprises**. Proc. 15th Working Conference on Virtual Enterprises. Amsterdam. Springer, 2014.

RADEMAKERS, T.; DIRKSEN, J. **Open Source ESBs in Action**. Manning Publications Co. 2009.

ROTH, A. L. et al. **Diferencias e interrelaciones de los conceptos de gobierno y gestión de redes horizontales de empresas**: contribuciones al campo de estudio. Rev. Adm. ISSN 0080-2107, V.47, n.1. 2012.

SALES, L. F.; CAMPOS, M. L. A.; GOMES, H. E. **Ontologias de domínio**: um estudo das relações conceituais. Perspect. ciênc. inf. [online]. v.13, n.2 2008.

SANTOS, K. C. P. **Utilização de ontologias de referência como abordagem para interoperabilidade entre sistemas de informação utilizados ao longo do ciclo de vida dos produtos**. Dissertação (Engenharia Mecânica e de Materiais) Universidade Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2011.

SICILIA, M. A. et al. **Empirical findings on ontology metrics**. Expert Systems with Applications 39. 2012.

STRAUCH, S. et al. **ESB^{MT}**: Enabling Multi-Tenancy in Enterprise Service Buses. Institute of Architecture of Application Systems, Center of Excellence F&R. 2012.

SWARD, R. E.; WHITACRE, K. J. **A multi-language service-oriented architecture using an enterprise service bus**. Proceedings ACM annual international conference on SIGA, 2008.

TIBCO. **Tibco Documentation**. Disponível em <<http://www.tibco.com.br/>> Último acesso em 3-Fev-2015.

TRAMONTIN JR., R. J., RABELO, R. J. **A Knowledge Search Framework for Collaborative Networks**. Em Establishing the Foundation of Collaborative Networks. IFIP — The International Federation for Information Processing V. 243, 2007.

TRAMONTIN JR., R. J., RABELO, R. J., e HANACHI, C. **Customising knowledge search in collaborative networked organisations through context-based query expansion**. Production Planning and Control. V. 21, 2010.

TU, Z.; ZACHAREWICZ, G.; CHEN, D. **A federated approach to develop enterprise interoperability**. J Intell Manuf, DOI 10.1007/s10845-013-0868-1. 2014.

WANG, X.; WONG, T. N.; WANG G. **Service-oriented architecture for ontologies supporting multi-agent**

system negotiations in virtual enterprise. J Intell Manuf, DOI 10.1007/s10845-010-0469-1. 2010.

WAZLAWICK, R. S. **Uma Reflexão sobre a Pesquisa em Ciência da Computação à Luz da Classificação das Ciências e do Método Científico.** Revista de Sistemas de Informação da FSMA. n.6, 2010.

WSO2. **WSO2 Enterprise Service Bus Documentation:** About WSO2 ESB. Disponível em <<https://docs.wso2.org/display/ESB481/WSO2+Enterprise+Service+Bus+Documentation>>. Último acesso em 15-Dez-2014.

YASSA, M. M.; HASSAN, H. A.; OMARA, F. A. **Utilizing CommonKADS as Problem-Solving and Decision-Making for Supporting Dynamic Virtual Organization Creation.** IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI). Vol. 3, No. 1, 2014.

APÊNDICE A – ONTOLOGIA

```
<?xml version="1.0"?>

<!DOCTYPE rdf:RDF [
  <!ENTITY owl "http://www.w3.org/2002/07/owl#" >
  <!ENTITY xsd "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#" >
  <!ENTITY rdfs "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#" >
  <!ENTITY rdf "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" >
]>

<rdf:RDF xmlns="http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2015/2/untitled-ontology-29#"
  xml:base="http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2015/2/untitled-ontology-29"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#">
  <owl:Ontology rdf:about="http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2015/2/untitled-ontology-29"/>

  <!--
  //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
  //
  // Object Properties
  //
  //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
  -->

  (...)
  <!-- http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2015/2/untitled-ontology-29#sinonimodataEntrega -->

  <owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2015/2/untitled-ontology-29#sinonimodataEntrega">
    <rdfs:range rdf:resource="http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2015/2/untitled-ontology-29#DT_END"/>
    <rdfs:domain rdf:resource="http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2015/2/untitled-ontology-29#dataEntrega"/>
    <rdfs:range rdf:resource="http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2015/2/untitled-ontology-29#deliverydate"/>
  </owl:ObjectProperty>

  (...)

  <!--
  //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
  //
  // Classes
  //
  //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
  -->

  <!-- http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2015/2/untitled-ontology-29#DT\_END -->

  <owl:Class rdf:about="http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2015/2/untitled-ontology-29#DT_END">
    <rdfs:label>DT_END</rdfs:label>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2015/2/untitled-ontology-29#objetos"/>
  </owl:Class>

  <!-- http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2015/2/untitled-ontology-29#ID\_PECA -->

  <owl:Class rdf:about="http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2015/2/untitled-ontology-29#ID_PECA">
    <rdfs:label>ID_PECA</rdfs:label>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.semanticweb.org/root/ontologies/2015/2/untitled-ontology-29#objetos"/>
  </owl:Class>

  (...)

```

APÊNDICE B – PARÂMETROS SINÔNIMOS

```

<soapenv:Envelope
xmlns:soapenv="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/"
xmlns:emp="http://emp.emp2.com/">
  <soapenv:Header/>
  <soapenv:Body>
    <emp:consultarProducao>
      <ID_PED>99</ID_PED>
      <!--Optional:-->
      <!--Zero or more repetitions:-->
      <ITENS>
        <id_pedido>99</id_pedido>
        <!--Optional:-->
        <nom_pec>Peca de couro</nom_pec>
        <qtd_prod>50</qtd_prod>
        <qtd_retr>3</qtd_retr>
        <!--Optional:-->
        <st_pec>P</st_pec>
      </ITENS>
    </emp:consultarProducao>
  </soapenv:Body>
</soapenv:Envelope>

```

```

<soapenv:Envelope
xmlns:soapenv="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/"
xmlns:emp="http://emp.emp2.com/">
  <soapenv:Header/>
  <soapenv:Body>
    <emp:consultarProducao>
      <idPedido>99</idPedido>
      <!--Optional:-->
      <!--Zero or more repetitions:-->
      <item>
        <idPedido>99</idPedido>
        <!--Optional:-->
        <nomePeca>Peca de couro</nomePeca>
        <qtsPecasProduzidas>50</qtsPecasProduzidas>
      <!--Optional:-->
      <qtdPecasRetrabalhadas>3</qtdPecasRetrabalhadas>
      <!--Optional:-->
      <statusPeca>P</statusPeca>
    </item>
  </emp:consultarProducao>
</soapenv:Body>
</soapenv:Envelope>

```

APÊNDICE C – PARÂMETROS SINÔNIMOS

```

<soapenv:Envelope
xmlns:soapenv="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/"
xmlns:emp="http://emp.emp2.com/">
  <soapenv:Header/>
  <soapenv:Body>
    <emp:divideLucro>
      <ID_PED>32</ID_PED>
      <!--Optional:-->
      <DT_END>2014-02-20</DT_END>
      <!--Optional:-->
      <!--Zero or more repetitions:-->
      <ITENS>
        <id_pedido>32</id_pedido>
        <!--Optional:-->
        <nom_pec>Tampo de vidro</nom_pec>
        <qtd_cancel>0</qtd_cancel>
        <qtd_prod>500</qtd_prod>
        <qtd_retr>1</qtd_retr>
        <qtd_solic>500</qtd_solic>
        <!--Optional:-->
        <st_pec>P</st_pec>
      </emp:divideLucro>
    </soapenv:Body>
  </soapenv:Envelope>

```

```

<soapenv:Envelope
xmlns:soapenv="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/"
xmlns:emp="http://emp.emp2.com/">
  <soapenv:Header/>
  <soapenv:Body>
    <emp:divideLucro>
      <idPedido>32</idPedido>
      <!--Optional:-->
      <dataEntrega>2014-02-20</dataEntrega>
      <!--Optional:-->
      <!--Zero or more repetitions:-->
      <item>
        <idPedido>32</idPedido>
        <!--Optional:-->
        <nomePeca>Tampo de vidro</nomePeca>
        <qtdPecasCanceladas>0</qtdPecasCanceladas>
        <qtsPecasProduzidas>500</qtsPecasProduzidas>
      </item>
      <qtdPecasRetrabalhadas>1</qtdPecasRetrabalhadas>
      <qtdPecasSolicitadas>500</qtdPecasSolicitadas>
      <!--Optional:-->
      <statusPeca>P</statusPeca>
    </emp:divideLucro>
  </soapenv:Body>
</soapenv:Envelope>

```

```
<soapenv:Envelope xmlns:soapenv="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/" xmlns:emp="http://emp.emp2.com/">
  <soapenv:Header/>
  <soapenv:Body>
    <emp:incluirNovoPedido>
      <idPedido>99</idPedido>
      <!--Optional:-->
      <dataEntrega>2014-02-20</dataEntrega>
      <!--Optional:-->
      <!--Zero or more repetitions:-->
      <item>
        <idPedido>99</idPedido>
        <!--Optional:-->
        <nomePeca>Peca de couro</nomePeca>
        <qtdPecasCanceladas>0</qtdPecasCanceladas>
        <qtsPecasProduzidas>0</qtsPecasProduzidas>
      </item>
      <qtdPecasRetrabalhadas>0</qtdPecasRetrabalhadas>
      <qtdPecasSolicitadas>50</qtdPecasSolicitadas>
      <!--Optional:-->
      <statusPeca>P</statusPeca>
    </item>
    <item>
      <id_peca>21</id_peca>
      <idPedido>99</idPedido>
      <!--Optional:-->
      <nomePeca>Braco metalico</nomePeca>
      <qtdPecasCanceladas>0</qtdPecasCanceladas>
      <qtsPecasProduzidas>0</qtsPecasProduzidas>
    </item>
    <qtdPecasRetrabalhadas>0</qtdPecasRetrabalhadas>
    <qtdPecasSolicitadas>10</qtdPecasSolicitadas>
    <!--Optional:-->
    <statusPeca>P</statusPeca>
  </emp:incluirNovoPedido>
</soapenv:Body>
</soapenv:Envelope>
```