

Vanderlei Freitas Junior

**ONTOLOGIA PARA REPRESENTAÇÃO
SEMÂNTICA DE INDICADORES DE DESEMPENHO
CONSIDERANDO ASPECTOS DE VAGUIDADE,
TEMPORALIDADE E RELACIONAMENTO ENTRE
INDICADORES**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutor em Engenharia do Conhecimento.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Leopoldo Gonçalves
Coorientador: Prof. Dr. Roberto Carlos dos Santos Pacheco

Florianópolis, SC
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Freitas Junior, Vanderlei

Ontologia para representação semântica de indicadores considerando aspectos de vaguidade, temporalidade e relacionamento entre indicadores / Vanderlei Freitas Junior; orientador, Alexandre Leopoldo Gonçalves; coorientador, Roberto Carlos dos Santos Pacheco. - Florianópolis, SC, 2016.

219 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento.

Inclui referências

1. Engenharia e Gestão do Conhecimento. 2. Semântica. 3. Engenharia do Conhecimento. 4. Indicadores. 5. Ontologia. I. Leopoldo Gonçalves, Alexandre. II. Carlos dos Santos Pacheco, Roberto. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento. IV. Título.

Vanderlei Freitas Junior

**ONTOLOGIA PARA REPRESENTAÇÃO
SEMÂNTICA DE INDICADORES DE DESEMPENHO
CONSIDERANDO ASPECTOS DE VAGUIDADE,
TEMPORALIDADE E RELACIONAMENTO ENTRE
INDICADORES**

Esta tese foi julgada adequada para obtenção do Título de “Doutor em Engenharia do Conhecimento”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento.

Florianópolis, SC, 12 de fevereiro de 2016.

Professor Roberto Carlos dos Santos Pacheco, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Professor Alexandre Leopoldo Gonçalves, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Professora Victoria Uren. Dra.
Aston University, Birmingham, UK (Videoconferência)

Professora Ana Lúcia Miranda Lopes, Dra.
Universidade Federal de Minas Gerais (Videoconferência)

Professor João Artur de Souza, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Professor José Leomar Todesco, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Professor Ronaldo dos Santos Mello, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Professor Sérgio Peters, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

À G.:D.:G.:A.:D.:U.:

À Clarice e Sophia, minhas eternas
motivações.

AGRADECIMENTOS

A gratidão é um dos mais sábios sentimentos humanos, pois é através dela que podemos expressar a importância do outro em nossas vidas. Neste sentido que apresento meus sinceros e honestos reconhecimentos.

Inicialmente, ao Grande Arquiteto do Universo, pelo discernimento e pela capacidade intelectual para o desenvolvimento desta tese.

De forma especial à minha família, Clarice e Sophia, que foram capazes de conviver com um doutorando, sem lançar-me às masmorras à própria sorte. Ao revés, sempre ofereceram uma palavra de incentivo ou um sanduíche.

Ao amigo Alexandre Gonçalves, por ter honrado seu compromisso de orientação, e tendo-o cumprido com grande competência, dedicação e atenção, apesar do volume de dúvidas e interpelações que o credenciavam a revogar sua aceitação para a orientação deste trabalho.

Aos amigos e irmãos, que jamais deixaram de incentivar-me, não medindo esforços para me relacionar aos mais desocupados boêmios, reafirmando, com bom humor, a cultura de que quem estuda nada faz. A eles, nada mais do que os ensinamentos do sábio Voltaire: “posso não concordar com nenhuma das palavras que você disser, mas defenderei até a morte o direito de você dizê-las”.

Aos amigos e colegas Daniel Fernando Anderle e Cristiane Woszezenki, pela companhia presencial nos 4 trimestres, ou 40 semanas de aula em Florianópolis, que demandaram cerca de 20.000 quilômetros em deslocamentos, ocupando cerca de 240 horas de viagens ao volante, que equivalem a 10 dias inteiros viajando, para assistir aproximadamente a 480 horas de aula no doutorado.

À professora Victoria Uren, da *Aston University*, pelo aceite e supervisão no período em que estive no Reino Unido, época de muito aprendizado e de muitas conquistas acadêmicas. Por sua confiança na aceitação do projeto e por sua paciência nas horas e horas de orientação, especialmente nos momentos iniciais, quando a língua parecia ser uma barreira. Por suas contribuições, determinantes em minha jornada acadêmica. E pela possibilidade de viver em um outro país, conviver com pessoas das mais diversas nacionalidades, experimentar a vida de uma universidade na cidade de Birmingham, onde desempenhei as atividades de meu “sanduíche”, mas acima de tudo pela dedicação e parceria neste projeto.

A todos aqueles, familiares, amigos, conhecidos ou não, que ao longo deste tempo de estudos me abordaram com a pergunta: “mas o que você está estudando mesmo?”, fazendo-me exercitar a difícil tarefa de parecer interessante mesmo depois de explicar a importância de se representar semanticamente os indicadores, procurando tratar a imprecisão, vaguidade e temporalidade.

Aos que, de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste estudo, bem como àqueles que também não a atrapalharam, o que por si só já é uma grande, valiosa e profícua contribuição.

E por fim, o agradecimento às palavras de um conterrâneo, mas desconhecido que, ao tomar conhecimento de minha jornada e de todas as barreiras e conquistas do processo de doutoramento, escreveu em uma rede social:

...com uma folga nas atividades acadêmicas, já que aguardo o orientador me retornar a versão final do TCC da pós, fui me divertir um pouco com o artigo que o amigo Júnior Freitas foi defender na Terra da Rainha.

O objetivo do trabalho nos remete a algo tipo Blade Runner, o Caçador de Andróides, dirigido por Ridley Scott na década de oitenta e também ao filme A.I. (inteligência artificial) de Spielberg do início da década 2000. Desenvolvido também por este nosso querido cientista comedor de farofa de ovo, igual a tantos de nós, o texto já comprovou que tem lastro, consistência, qualidade e respeito da elite acadêmica mundial. Foi plenamente difundido na Grã-Bretanha irradiando seu teor às coordenadas globais. Nos limites das cercas do meu pátio, junto à minha cervejinha, tive o entendimento proposto já na primeira leitura... por isso destaco a amplitude que a pesquisa atinge, desde os salões de conferências das mais destacadas universidades europeias até à sombra da minha goiabeira. Júnior Freitas, em feliz parceria com Alexandre Gonçalves, se propôs a “medir as medidas”. Aglutina o conhecimento espreado ao tempo e ao espaço sobre ferramentas artificiais de medidas subjetivas na sua linha de pesquisa doutoranda. Nosso cientista visa “dotar” uma máquina a decidir entre o que é eficiente e o que é ineficiente.

Por óbvio que o pesquisador não está decepcionado com as últimas decisões da humanidade, muito embora a maior parte delas pesam ao lado negativo da balança. Deve estar com um tesão de explicar que um bit não pode armazenar, alternadamente, mais que dois valores, porém a pluralidade desta unidade, quer seja em bits, kilobit, megabit, gigabit ou terabit consegue decifrar o bom do mau, basta orientação... no caso, um programa de computador porreta *made in* Sombrio, iniciando com a condicional de uma palavra do inglês... *if* (se), para assim, apontar um caminho opcional, *go to* (ir para...).

Sim! Sei que já me antecipei e dei uma “viajada” na ideia do amigo. Mas como dizia um alemão de Ulm (cidade natal de Einstein), espaço e tempo são relativos. Mais lá atrás ainda, Lao-Tsé disse que uma longa caminhada se inicia pelo primeiro passo... é que quando a gente inicia algo, no decorrer dos dias e no percorrer da trilha, sonhamos com o caminho da chegada.

Júnior fez uma provocação para que a humanidade não desista desta questão e antecipou-se ao fato, pois durante o feito, constatou que nos últimos anos tais estudos estão em declínio.

A sorte de você meu amigo leitor que chegou até aqui, é que acabou a minha cerveja. Já estava aqui “maquinando” mais algumas frases com umas analogias com o Titã Prometeu...

Bom, vamos ao desfecho e ao melhor de tudo nesta história. Nosso amigo Júnior Freitas é professor do IFC (Instituto Federal Catarinense) e que entende muito bem sobre eficiência. A certeza é que a qualidade da inteligência artificial a que se dedica operar, já está chancelada na qualidade da inteligência natural que transmite para seus alunos. Ah! Faltou a cerejinha do bolo? Pois bem... olhem o link. Junior Freitas come farofa de ovo que nem a gente, mas nem por isso deixa de ser “brigador”: <http://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-estado/2015/06/15/aluno-de-doutorado-garante-na-justica-viagem-ao-exterior.htm>. (PAULO RICARDO PACHECO)

“O mestre disse a um dos seus alunos: Yu, queres saber em que consiste o conhecimento? Consiste em ter consciência tanto de conhecer uma coisa quanto de não a conhecer. Este é o conhecimento.”

Confúcio

RESUMO

Os indicadores são amplamente utilizados pelas organizações como forma de avaliar, medir e classificar o desempenho organizacional. Parte integrante de sistemas de avaliação de desempenho, os indicadores são, muitas vezes, compartilhados ou comparados com diferentes setores internos ou até mesmo com outras organizações. Entretanto, alguns indicadores possuem associada certa vaguidade e imprecisão, carecendo-lhe também de semântica. Desta forma, a presente tese ocupou-se de apresentar um modelo de conhecimento baseado em ontologia e lógica difusa para representar semanticamente e de forma genérica os indicadores, tratando-se a imprecisão e vaguidade, além de contribuir incluindo a percepção da temporalidade e relacionamento entre indicadores. Utilizando-se a metodologia *Design Science Research Methodology*, o modelo foi considerado adequado, evidenciando, através da realização de entrevistas, a importância da representação da imprecisão, vaguidade, temporalidade e o relacionamento entre diferentes indicadores no contexto de avaliação de desempenho.

Palavras-chave: Indicadores. Semântica. Ontologia. Lógica difusa.

ABSTRACT

Indicators are widely used by organizations in order to assess, measure and classify organizational performance. Integral part of performance evaluation systems, indicators are often shared or compared among different domestic sectors or even other organizations. However, some indicators have associated certain vagueness and imprecision, as well as lack of semantics. Thus, this thesis held to present a model of knowledge based on ontology and fuzzy logic to represent in a semantic and generic way, with regard to the imprecision and vagueness, and contribute by including the perception of temporality and the relationship between indicators. Using the methodology Design Science Research Methodology, the model it was considered appropriate, showing, by conducting interviews, the importance of representation of imprecision, vagueness, temporality and the relationship between different indicators in the performance measurement context.

Keywords: Indicators. Semantics. Ontology. Fuzzy Logic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Metodologia para o desenvolvimento da pesquisa	41
Figura 2 – Pirâmide SMART	48
Figura 3 – Matriz de avaliação de desempenho de Keegan	49
Figura 4 – <i>Balanced Scorecard</i>	51
Figura 6 – Dicotomias entre as lógicas formal e difusa	75
Figura 7 – Exemplo de conjunto clássico das cores vermelho e azul	79
Figura 8 – Exemplo de conjunto difuso das cores vermelho e azul	79
Figura 9 – Características de uma função de pertinência.....	82
Figura 10 – Função de pertinência triangular	83
Figura 11 – Representação de classe difusa.....	87
Figura 12 – Representação de relacionamentos difusos.....	88
Figura 13 – Representação de classe difusa.....	89
Figura 14 – Modelo semântico para indicadores	91
Figura 15 – Classes do modelo de representação de indicadores.....	94
Figura 16 – Exemplo de indicador modelado	96
Figura 17 – Ontologia do <i>Balanced Scorecard</i>	97
Figura 18 – Arquitetura do sistema especialista	99
Figura 19 – Módulo de inferência.....	100
Figura 20 – Esquema pré-conceitual para representação de KPI.....	101
Figura 21 – Modelo conceitual para o domínio de indicadores e métricas ..	103
Figura 22 – Metodologias empregadas para o desenvolvimento da tese	110
Figura 23 – <i>Design Science Research Methodology</i>	118
Figura 24 – Processo de desenvolvimento de ontologia	125
Figura 25 – Metodologia para reuso de aspectos ontológicos.....	127
Figura 26 – Desenvolvimento metodológico desta tese.....	128
Figura 27 - Projeto	132
Figura 28 – Perguntas de competência	134

Figura 29 – Vocabulário	135
Figura 30 – Hierarquia.....	136
Figura 31 – Dicionário de classes	137
Figura 32 – Classe tempo	150
Figura 32 – Ontologia de alto nível para representação de indicadores.....	151
Figura 33 – Modelo representado em UML	153
Figura 34 – Conjuntos de indicadores	156
Figura 35 – Relação da classe “VariavelLinguistica” e a lógica difusa.....	158
Figura 36 – Demonstração do cenário de uso.....	159
Figura 37 – Novas informações sobre o cenário de uso	160
Figura 38 – Ontologia de domínio.....	161
Figura 39 – Comparação de indicadores com base no modelo proposto	162
Figura 40 – O processo de avaliação do modelo	163
Figura 41 – Seminário de pesquisa realizado	164
Figura 42 – Perfil dos participantes do grupo focal confirmatório	169
Figura 43 – Avaliação das classes do modelo	171
Figura 44 – Avaliação geral do modelo.....	172
Figura 45 – Indicador “média de tempo de atendimento”	173
Figura 46 – Indicador “entrega de sites”	174
Figura 47 – Indicador “qualidade do ar”	175
Figura 48 – Indicador sobre mamografias de rastreamento	176
Figura 49 – Indicador “PH da água para consumo humano”	177
Figura 50 – Modelagem do sistema difuso	179
Figura 51 – Entrada “distância”	180
Figura 52 – Entrada “tempo”	181
Figura 53 – Base de conhecimento	182
Figura 54 – Saída “resultado”	183
Figura 55 – Superfície 3D da relação de tempo e distância.....	183
Figura 56 – Resultado do processamento difuso	184

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo entre os estudos relacionados	105
Quadro 2 – Pesquisa Científica e Pesquisa Tecnológica.....	111
Quadro 3 – Métodos de avaliação em <i>Design Science</i>	119
Quadro 4 - Tipos de Grupos Focais em <i>Design Science Research</i>	121
Quadro 5 – Etapas da metodologia OntoKEM	122
Quadro 6 – Etapas da metodologia Methontology.....	126
Quadro 7 – Estudos recuperados para representação de tempo	140
Quadro 8 – Etapa 1 da metodologia METHONTOLOGY.....	147
Quadro 9 – Etapa 2 da metodologia METHONTOLOGY.....	148
Quadro 10 – Considerações colhidas nos seminários	165
Quadro 11 – Entrevistado A	166
Quadro 12 – Entrevistado B.....	167
Quadro 13 – Funções de pertinência da entrada “distância”	179
Quadro 14 – Funções de pertinência da entrada “tempo”	180
Quadro 15 – Base de conhecimento.....	181

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BSC	<i>Balanced Scorecard</i>
fBSCO	<i>Fuzzy Balanced ScoreCard Ontology</i>
FPNQ	Fundação para o Prêmio Nacional da Qualidade
IA	Inteligência Artificial
IDPMS	<i>Integrated Dynamic Performance Measurement System</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
KPI	<i>Key performance indicators</i>
KRI	<i>Key result indicators</i>
OTK	<i>On To Knowledge</i>
OWL	<i>Ontology Web Language</i>
PI	<i>Performance indicators</i>
PMQ	<i>Performance Measurement Questionnaire</i>
PPGEGC	<i>Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento</i>
PPI	<i>Production Performance Indicator</i>
SBC	Sistema baseado em conhecimento
SDMX	<i>Statistical Data and Metadata Exchange</i>
SMART	<i>Strategic Measurement, Analysis and Reporting Technique</i>
UFSC	<i>Universidade Federal de Santa Catarina</i>
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
PSM	<i>Problem-solving Methods</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	29
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	29
1.2 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA	32
1.3 PERGUNTAS DA PESQUISA	36
1.4 PRESSUPOSTOS	36
1.5 OBJETIVOS	36
1.5.1 Objetivo Geral.....	37
1.5.2 Objetivos Específicos	37
1.6 JUSTIFICATIVA	37
1.7 ORIGINALIDADE, VIABILIDADE E RELEVÂNCIA	39
1.7.1 Contribuições do modelo proposto.....	40
1.8 ESCOPO DO TRABALHO.....	40
1.9 ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	41
1.10 ADERÊNCIA AO OBJETO DE PESQUISA DO PROGRAMA	41
1.10.1. Identidade.....	42
1.10.2 Contexto estrutural no EGC	43
1.10.3 Referências factuais	44
1.11 APRESENTAÇÃO DA TESE.....	44
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	45
2.1. MEDIDA DE DESEMPENHO	45
2.1.1 Os principais modelos de referência de medidas de desempenho... 46	
2.1.1.1 Pirâmide de desempenho SMART.....	48
2.1.1.2 Matriz de avaliação de desempenho de Keegan.....	49
2.1.1.3 <i>Performance Measurement Questionnaire</i> (PMQ)	50
2.1.1.4 <i>Balanced Scorecard</i> (BSC).....	51
2.1.1.5 Abordagem de Harrington	52
2.1.1.6 Modelo de Sink e Tuttle.....	53
2.1.1.7 Modelo de Rummler e Brache	53

2.1.1.8 Modelo Quantum.....	53
2.1.1.9 Modelo de Brown.....	54
2.1.1.10 Sistema de medição de desempenho integrado.....	54
2.1.1.11 Sistema de medição de desempenho integrado e dinâmico.....	54
2.1.1.12 Prisma de Neely.....	54
2.2 INDICADORES.....	55
2.2.1 Conceito de indicadores.....	56
2.2.2 Classificação dos indicadores.....	57
2.2.3 Seleção de indicadores.....	59
2.3 MÉTODOS E TÉCNICAS DE ENGENHARIA DO CONHECIMENTO	61
2.3.1 Ontologias.....	62
2.3.1.1 A representação do conhecimento.....	62
2.3.1.2 Ontologias para representação do conhecimento.....	63
2.3.1.3 Classificação das ontologias.....	65
2.3.1.4 Engenharia de Ontologias.....	67
2.3.1.5 Metodologias e métodos para o desenvolvimento de ontologias.....	69
2.3.1.5.1 Metodologia <i>DOGMA</i>	69
2.3.1.5.2 Metodologia <i>Enterprise Ontology</i>	69
2.3.1.5.3 Metodologia <i>KACTUS</i>	70
2.3.1.5.4 Metodologia <i>METHONTOLOGY</i>	70
2.3.1.5.5 Metodologia <i>SENSUS</i>	70
2.3.1.5.6 Metodologia <i>TOVE</i>	70
2.3.1.5.7 Metodologia de Holsapple e Joshi.....	71
2.3.1.5.8 Metodologia <i>HCOME</i>	71
2.3.1.5.9 Metodologia <i>OTK</i>	71
2.3.1.5.10 Metodologia <i>UPON</i>	71
2.3.1.5.11 Metodologia <i>NeOn</i>	72
2.3.1.5.12 Metodologia <i>OntoKEM</i>	72
2.3.2 Lógica difusa.....	73
2.3.2.1 Medidas de probabilidade e medidas de possibilidade.....	76

2.3.2.2 Conjuntos clássicos e conjuntos difusos	77
2.3.2.3 Proposições clássicas e proposições difusas	80
2.3.2.4 Função de pertinência difusa	81
2.3.2.5 <i>Fuzzyficação</i>	84
2.3.2.6 Inferência	84
2.3.2.7 Defuzzificação	85
2.3.3. Ontologias Difusas	85
2.4 A REPRESENTAÇÃO SEMÂNTICA DE INDICADORES E OS ESTUDOS RELACIONADOS	89
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	107
3 ASPECTOS METODOLÓGICOS	109
3.1 PESQUISA TECNOLÓGICA	110
3.2 <i>DESIGN SCIENCE RESEARCH METHODOLOGY</i> (DSRM)	115
3.3 ONTOKEM	121
3.4 METHONTOLOGY	126
3.5 DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO	128
4 ONTOLOGIA PROPOSTA	131
4.1 ONTOLOGIA PARA REPRESENTAÇÃO DE INDICADORES.....	131
4.1.1. Processo de desenvolvimento da ontologia	131
4.1.2 Representação de tempo a partir do reuso	137
4.1.2.1 Procedimentos metodológicos	139
4.1.2.2 Ontologias para representação de tempo.....	141
4.1.2.3 Reuso de ontologia para representação de tempo em indicadores de desempenho	147
4.1.3. Modelo proposto	151
4.1.3.1 Reuso	154
4.1.3.2 Classe “Variável” enquanto agregadora.....	155
4.1.3.3 Classe “VariávelLinguística”.....	157
4.1.4 Cenário de uso.....	158
5 AVALIAÇÃO DO MODELO	163

5.1 FASE EXPLORATÓRIA.....	163
5.1.1 Seminários.....	164
5.1.2 Entrevistas.....	166
5.1.3 Ajustes no modelo.....	167
5.2 FASE CONFIRMATÓRIA.....	168
5.2.1 Perfil dos participantes.....	168
5.2.2 Entrevistas.....	169
5.2.3 Resultados.....	170
5.2.4 Simulação do uso da lógica difusa.....	178
6 COMUNICAÇÃO DOS RESULTADOS.....	185
6.1 ESTUDOS RELACIONADOS AO DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO.....	185
6.2 ESTUDOS ADJACENTES.....	186
6.2.1 Capítulos de livros.....	186
6.2.2 Artigos publicados em revistas.....	187
6.2.3 Trabalhos apresentados em eventos.....	187
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	189
REFERÊNCIAS.....	195
APÊNDICES.....	217
APÊNDICE A – RELATÓRIOS DO ONTOKEM.....	219
A.1 RELATÓRIO DE PROJETO.....	219
A.2 PERGUNTAS DE COMPETÊNCIA.....	219
A.3 VOCABULÁRIO.....	220
A.4 HIERARQUIA DE CLASSES.....	224
A.5 DICIONÁRIO DE CLASSES.....	225
A.6 GRAFO.....	227
APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO.....	229
APÊNDICE C – ROTEIRO PARA ENTREVISTA.....	231

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As medidas de desempenho têm sido reconhecidas como importantes ferramentas a serviço do desenvolvimento das organizações (JIN *et al.*, 2013). Velimirovic, Velimirovic e Stankovic (2011) afirmam que o acompanhamento contínuo destas medidas de desempenho tem sido a base para a melhoria do desempenho organizacional, sendo a expressão qualitativa e quantitativa de alguns resultados obtidos a partir da seleção de indicadores. Em outras palavras, os autores afirmam que as medidas de desempenho permitem que as organizações efetivamente expressem seu sucesso através dos números.

O desempenho, neste contexto, pode ser entendido como o somatório de todos os processos que permitem aos gestores a tomada de decisão no presente visando a criação de uma organização mais eficaz no futuro (NEELY, 2002). Kaplan e Norton (1992), por sua vez, referem que o desempenho só pode ser expresso como um conjunto de parâmetros ou indicadores que são complementares e, por vezes contraditórios, que descrevem o processo através do qual são alcançados os vários tipos de resultados.

Assim, a medida de desempenho possibilita às organizações a realização de um diagnóstico de potencialidades e insuficiências, permitindo determinar o alinhamento com seus objetivos a partir da análise de indicadores que, por sua vez, ocupam papel central nestes processos de avaliação.

Alguns autores, entretanto, têm apontado dificuldades no uso destes indicadores, uma vez que lhes faltam semântica e apresentam vaguidade e imprecisão na demonstração dos valores que se propõem a representar (PINTZOS; MATSAS; CHRYSOLOURIS, 2012; OPOKU-ANOKYE; TANG, 2013; BOBILLO; DELGADO, 2010; TAVANA; MOUSAVI; GOLARA, 2013; SHEN; RUAN; HERMANS, 2011; BOBILLO *et al.*, 2009; DIAMANTINI; POTENA; STORTI, 2016).

Como forma de enfrentar estes desafios tem-se a área de Engenharia do Conhecimento que, segundo Kasabov (1996), pode ser conceituada como a área de pesquisa acadêmica para desenvolvimento de modelos, métodos e tecnologias básicas para representar e processar

conhecimento e para construir sistemas inteligentes baseados em conhecimento.

Ela tem por objetivo prover sistemas capazes de explicitar e armazenar o conhecimento da organização, considerando todo o contexto sistêmico organizacional das atividades intensivas em conhecimento (SCHREIBER *et al.*, 2002).

A Engenharia do Conhecimento, portanto, fornece instrumental para a modelagem e o desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento que sejam capazes de explicitar, formalizar e representar o conhecimento em atividades intensivas em conhecimento.

Dentro deste ferramental destacam-se, nos limites deste trabalho, as tecnologias de ontologias e lógica difusa.

As ontologias são especificações explícitas dos tipos de recursos que existem e os relacionamentos possíveis entre eles, e instâncias específicas de conceitos na ontologia (ABRAMOVICH, 2005).

Uma ontologia também pode ser definida como sendo um conjunto de termos ordenados hierarquicamente para representar um domínio específico. Ela pode ser usada como um esqueleto para uma base de conhecimento onde são executados processos de inferência (raciocínio). O uso de uma ontologia permite então, a definição de um domínio no qual será possível trabalhar em determinada área específica, possibilitando a melhora no processo de extração de informação e o intercâmbio do conhecimento (GÓMEZ-PÉREZ, 1999).

Uma definição amplamente aceita por engenheiros de ontologias (GOBIN, 2012) é de autoria de Grubber (1993), ao afirmar que uma ontologia é uma “especificação explícita de uma conceitualização”. Conceitualização é um modelo abstrato do mundo que se quer representar e essa representação tem de ser explícita com especificação dos conceitos, propriedades e relações. Borst (1997) modificou essa definição, afirmando que uma ontologia é uma especificação formal de uma conceitualização compartilhada. Assim, enfatizou que deve existir um modelo na especificação da ontologia e que a conceitualização deve ser feita de tal maneira a permitir o seu compartilhamento. O conhecimento expresso deve ser do senso comum e não particular a quem está escrevendo. Studer, Benjamins e Fensel (1998) complementam a definição asseverando que uma ontologia é uma “especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada”, retomando o fato da especificação ser explícita.

Para Gobin (2011), esta definição baseia-se na ideia da conceitualização, isto é, uma versão simplificada do mundo real que se

deseja representar, fornecendo uma visão comum e compartilhada de um domínio, que pode ser comunicada entre pessoas e sistemas.

Para Dillon e Simmons (2008), as ontologias compartilham uma compreensão comum acerca da estrutura da informação entre pessoas ou agentes de software, mas não apenas isto, elas também possibilitam a reutilização do conhecimento de determinado domínio, explicitam as suposições deste domínio, separam o conhecimento de domínio do conhecimento operacional, além de permitirem a análise do conhecimento de domínio. Bobillo *et al.* (2009) afirmam que as ontologias permitem o enriquecimento de dados com semântica, possibilitando a verificação automática da consistência dos dados, além de permitir de forma facilitada a manutenção da base de conhecimento e a reutilização dos componentes.

Estes conceitos são explorados pela chamada engenharia de ontologias, que por sua vez, é definida por Bobillo *et al.* (2009) como um processo altamente colaborativo, posto que uma ontologia desenvolvida com toda precisão pouco serve se não for aceita pelos especialistas de domínio, que devem participar diretamente de seu desenvolvimento.

Assim, admitindo-se as ontologias como ferramentas para a representação computacional do conhecimento específico de um domínio, atribuindo-lhe significado, tem-se que as ontologias podem ser empregadas para fornecer semântica à modelagem de indicadores.

Outra técnica a considerar neste trabalho é a lógica difusa, ou *fuzzy logic*. O conjunto de teorias da lógica difusa é conhecido como um formalismo apropriado para capturar conhecimento vago e impreciso (BOBILLO *et al.*, 2009). Zadeh (1973) afirma que uma das mais importantes características da lógica difusa é sua capacidade de executar raciocínio aproximado, envolvendo regras de inferência com premissas, consequências e proposições. Bobillo *et al.* (2009) afirmam ainda que a lógica difusa possui algumas vantagens sobre os demais formalismos. Segundo os autores, os sistemas baseados em lógica difusa fornecem uma representação natural para o conhecimento humano de forma perfeitamente interpretável, possuindo regras semânticas que podem ser facilmente compreendidas por usuários não especialistas. Afirmam ainda os autores que a lógica difusa já fora efetivamente utilizada em diversas aplicações práticas com resultados satisfatórios.

1.2 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

As medidas de desempenho possuem ampla aplicação junto às organizações modernas, sendo compreendidas por indicadores específicos que procuram traduzir os resultados organizacionais em números e conceitos que melhor expressem o nível de satisfação das metas e objetivos traçados pela companhia (VELIMIROVIC; VELIMIROVIC; STANKOVIC, 2011).

Estes indicadores ocupam, portanto, papel de destaque nos processos de avaliação de desempenho organizacional (OPOKU-ANOKYE e TANG, 2013). Os autores ainda ressaltam o papel dos indicadores ao afirmar que a medida de desempenho organizacional se consubstancia no desenvolvimento de indicadores mensuráveis que possam ser empregados para avaliar o progresso realizado em direção a determinado objetivo, bem como na satisfação destas metas.

Entretanto, Pintzos, Matsas e Chryssolouris (2012) têm apontado dificuldades da falta de semântica nestes indicadores, bem como os desafios oriundos desta carência, gerando inclusive dificuldades para a comparação entre indicadores e resultados internamente, entre setores ou departamentos da própria organização, ou com agentes externos.

Reconhecem, Opoku-Anokye e Tang (2013), também, que a tarefa de definição de indicadores para a avaliação de desempenho organizacional é multidisciplinar, uma vez que é desenvolvida a partir de diversas origens e que esta diversidade, muitas vezes, põe o foco da medida de desempenho principalmente na mensuração e controles de unidades funcionais das organizações. Assim, as técnicas de medidas, modelos e abordagens são desenvolvidas com o mesmo enfoque, isto é, baseando-se nas estruturas funcionais e divisionais das organizações, em detrimento da semântica, dos processos de negócio e do ciclo de vida dos produtos.

Pintzos, Matsas e Chryssolouris (2012) apresentam outra limitação envolvendo a falta de semântica no desenvolvimento de indicadores e medidas de desempenho. Para os autores, a tomada de decisão na indústria é baseada em requisitos de desempenho, que por sua vez especificam os valores dos atributos relevantes da produção. Estes valores são expressos por indicadores de desempenho internos que, na indústria moderna, geralmente expressam as mesmas métricas e usam as mesmas informações, mas têm diferentes definições e métodos de cálculo.

Esta situação dificulta a comparação de desempenhos não apenas entre companhias diferentes, mas dentro da própria organização. Neste contexto, os autores afirmam que a modelagem semântica é capaz de oferecer uma ampla visão dos dados necessários para que uma empresa possa operar (PINTZOS; MATSAS; CHRYSOLOURIS, 2012), facilitando a compreensão e padronização dos indicadores.

Diamantini, Potena e Storti (2016) corroboram esta afirmação ao evidenciar que os indicadores de desempenho são medidas sintéticas calculadas a partir de dados transacionais e, em razão de sua natureza composta, apresentam dificuldade para a obtenção de concordância em suas definições, sendo bastante heterogêneos. Estes fatos, segundo os autores, dificulta a tarefa de compartilhamento e intercâmbio destes indicadores. Também para os autores, as técnicas semânticas podem contribuir neste contexto, proporcionando uma camada de definições formais e ferramentas automáticas para a manutenção de sua consistência.

Um conjunto de ferramentas e *frameworks* para medidas de desempenho estão disponíveis para guiar o processo de planejamento, definição de indicadores, coleta de dados e acompanhamento dos resultados. Entre eles, um dos mais conhecidos e mais referenciados na literatura específica é o *Balanced Scorecard* (BSC). Desenvolvido por Kaplan e Norton (1992), o BSC é uma ferramenta de suporte à decisão em nível de gestão estratégica que permite a melhoria da satisfação dos objetivos estratégicos da organização a partir do planejamento e seleção de indicadores adequados.

Apesar da solidez que apresentam estas ferramentas, encontram-se na literatura algumas dificuldades a serem enfrentadas pelas pesquisas acadêmicas. Bobillo *et al.* (2009) apontam que, no âmbito da medida de desempenho, algumas variáveis ou indicadores possuem associada certa vaguidade e imprecisão, inclusive tornando-se mais natural referir-se aos seus valores através de expressões linguísticas (por exemplo, baixo, médio, alto) ao invés de valores numéricos. Por outro lado, os autores ainda apontam a dificuldade verificada pela falta de uma representação explícita de sua semântica.

Outros autores têm discutido a vaguidade e imprecisão presentes em indicadores nas diversas aplicações. Bobillo e Delgado (2010) afirmam que a imprecisão e a vaguidade do conhecimento são fenômenos presentes na maior parte dos domínios. Tavana, Mousavi e Golara (2013) reafirmam a necessidade de tratar a imprecisão e a vaguidade em sistemas de avaliação de desempenho, favorecendo a

tomada de decisão a partir de um conjunto de indicadores. Shen, Ruan e Hermans (2011), ao analisarem os indicadores compostos considerados úteis pelos autores para a avaliação de políticas e comunicação pública, afirmam que, também neste domínio, o fenômeno da vaguidade encontra-se presente, tornando necessário seu tratamento para a correta avaliação dos indicadores disponíveis.

Diante deste aspecto, torna-se clara a necessidade de uma modelagem genérica de indicadores de forma semântica que permita atenuar a vaguidade e a imprecisão de seus valores e resultados.

Neste particular, há que se argumentar, conforme Pintzos, Matsas e Chrissolouris (2012) que a modelagem do conhecimento é o campo no qual a aplicação da representação do conhecimento de um domínio é realizada. Para os autores, os modelos são importantes para a compreensão dos mecanismos de funcionamento dentro de um sistema baseado em conhecimento, e a representação do conhecimento permite a facilitação do raciocínio e inferência, sendo a lógica utilizada para fornecer semântica.

Bobillo *et al.* (2009) apontam também que as variáveis envolvidas nos processos de planejamento e medida de desempenho podem apresentar imprecisões e vaguidade, interferindo na análise e interpretação de seus resultados. Por outro lado, afirmam também que os dados apurados pelos indicadores e variáveis de desempenho nas principais metodologias de medida carecem de semântica, prejudicando a interpretação e a análise destes dados.

Os indicadores são, portanto, amplamente utilizados nas organizações para a avaliação dos diferentes processos institucionais, não apenas aqueles de ordem gerencial. Entretanto, os fenômenos da imprecisão e vaguidade, além da falta de semântica, dificultam suas interpretações, bem como a sua utilização para os processos de tomada de decisão.

As relações temporais na representação de indicadores, bem como os relacionamentos entre indicadores são aspectos que igualmente devem ser considerados em sua representação semântica.

Em diversos domínios, autores tem reconhecido a importância do fator “tempo” na análise e representação do conhecimento. Mei e Zhai (2005), por exemplo, afirmam que no campo da ciência e de sua socialização através dos artigos científicos, o estudo de determinado assunto, em algum período de tempo, pode ter influenciado o estudo de outro assunto em época posterior, evidenciando, portanto, a importância do tempo para a análise dos fenômenos. Nesta mesma esteira, He *et al.*

(2010), afirmam que, ao longo do tempo, a literatura científica evolui um problema importante e interessante. Ha-Thuc *et al.* (2009), por sua vez, ensinam que os padrões temporais são capazes de fornecer informações úteis a respeito do comportamento dos diversos tópicos no conjunto de dados. Alonso *et al.* (2009), por fim, diz que na medida em que a quantidade de informação aumenta, o conceito de tempo como uma dimensão torna-se cada vez mais importante.

Especificamente na modelagem de indicadores, alguns autores já buscaram soluções para a representação do tempo. Denk e Grossmann (2010) e Pintzos *et al.* (2012) introduzem a dimensão tempo na representação semântica de indicadores proposta nos domínios estudados pelos autores, demonstrando a possibilidade e necessidade de se tratar esta dimensão, especialmente pelo fato de que um indicador representa uma medida de desempenho em determinado momento do tempo.

A necessidade de incluir-se o tempo na representação semântica de indicadores torna-se ainda mais evidente se analisarmos o domínio da qualidade e potabilidade de água para consumo humano, um dos cenários escolhidos para a realização dos testes do modelo proposto nesta tese. De acordo com a legislação brasileira, as concessionárias que fornecem água para consumo humano no país devem executar protocolos de medida de desempenho mensalmente, consubstanciados na apuração de um conjunto de indicadores de qualidade. Os resultados advindos destas medições devem ser encaminhados ao governo brasileiro a cada mês, para comprovação de qualidade.

A interpretação destes indicadores está fortemente relacionada à informação do tempo em que eles foram coletados, evidenciando a necessidade de representação e tratamento do tempo como medida a garantir semântica à modelagem de indicadores.

Na mesma esteira está a necessidade de representação dos relacionamentos existentes entre indicadores em um mesmo domínio. Pintzos *et al.* (2012; 2013) reconhecem a importância do relacionamento entre indicadores e da respectiva representação destes relacionamentos. Os autores demonstram, ao estudar o domínio de indicadores de ambiente industrial, a forma de representar os relacionamentos existentes entre os indicadores, bem como a importância destes relacionamentos, evidenciando a necessidade de se considerar estes relacionamentos em iniciativas de representação genérica de indicadores.

Assim, diante da literatura científica apresentada, identifica-se a necessidade da criação de um modelo de conhecimento para a representação genérica de indicadores, considerando-se o tratamento de imprecisão, vaguidade, temporalidade e relacionamento entre indicadores.

1.3 PERGUNTAS DA PESQUISA

Considerando-se o problema delineado, o presente trabalho procura responder a seguinte pergunta de pesquisa:

Como representar indicadores, considerando-se a imprecisão, vaguidade, a temporalidade e a relação entre eles?

1.4 PRESSUPOSTOS

Diante da problemática apresentada, têm-se os seguintes pressupostos básicos:

- A definição de um modelo semântico genérico de indicadores pode contribuir para sua melhor compreensão nas diversas organizações;
- O uso de tecnologias semânticas, como ontologias e a aplicação de lógica difusa podem contribuir para a minimização da imprecisão, vaguidade e a falta de semântica de suas aplicações;
- O tratamento destas imprecisões e vaguidades nos indicadores podem contribuir para a melhor compreensão do significado dos indicadores e de sua real importância para a organização;
- A representação dos aspectos de temporalidade e relacionamento entre indicadores podem contribuir com a semântica destes indicadores.

1.5 OBJETIVOS

O presente trabalho está pautado pelos seguintes objetivos:

1.5.1 Objetivo Geral

Desenvolver um modelo de conhecimento para a representação de indicadores, considerando-se aspectos de imprecisão, vaguidade, a temporalidade e a relação entre estes indicadores.

1.5.2 Objetivos Específicos

Para a consecução do objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar na literatura o ferramental de Engenharia do Conhecimento que possa contribuir na tarefa de modelagem semântica de indicadores;
- Definir qual método de representação do conhecimento será utilizado;
- Propor um modelo para representação de indicadores de forma semântica, considerando-se o tratamento de imprecisão e vaguidade, bem como a temporalidade e o relacionamento entre indicadores;
- Verificar aspectos de consistência do modelo proposto através da avaliação feita por pesquisadores e especialistas de domínio.

1.6 JUSTIFICATIVA

As medidas de desempenho têm ocupado papel central no processo de desenvolvimento e consolidação das organizações modernas, especialmente porque fornecem subsídios para a sua contínua avaliação e a promoção da melhoria do desempenho organizacional, em todos os seus aspectos (JIN *et al.*, 2013; VELIMIROVIC; VELIMIROVIC; STANKOVIC, 2011).

Estas medidas de desempenho são constituídas por indicadores específicos que tem por principal função a tradução em números dos resultados organizacionais, procurando quantificar conceitos que melhor expressem o nível de satisfação dos objetivos institucionais.

Entretanto, como já afirmado, a literatura científica tem apontado dificuldades no uso destes indicadores, uma vez que lhes faltam semântica e apresentam vaguidade e imprecisão na demonstração dos

valores que se propõem a representar (PINTZOS; MATSAS; CHRYSSOLOURIS, 2012; OPOKU-ANOKYE; TANG, 2013; BOBILLO; DELGADO, 2010; TAVANA; MOUSAVI; GOLARA, 2013; SHEN; RUAN; HERMANS, 2011; BOBILLO *et al.*, 2009; DIAMANTINI; POTENA; STORTI, 2016).

Esta constatação cria dificuldades que inviabilizam a utilização destes indicadores para os fins aos quais foram desenvolvidos, impedindo, também, a comparação de desempenhos não apenas entre companhias diferentes, mas dentro da própria organização.

E estas barreiras já evidenciadas pela literatura persistem até os dias atuais, conforme corrobora o recente estudo de Diamantini, Potena e Storti (2016), afirmando que os indicadores de desempenho carecem de uma homogeneidade de interpretações, dificultando o compartilhamento e o intercâmbio destes indicadores.

Assim, os estudos consultados confirmam a carência de trabalhos que consigam enfrentar os desafios de representar indicadores semanticamente, tratando a imprecisão e a vaguidade. Para isso, alguns autores afirmam que a modelagem semântica é capaz de oferecer uma ampla visão dos dados necessários para que uma empresa possa operar (PINTZOS; MATSAS; CHRYSSOLOURIS, 2012), facilitando a compreensão e padronização dos indicadores.

Para esta padronização, considera-se relevante a representação semântica de indicadores de desempenho, tratando-se a imprecisão e a vaguidade, mas que também possa considerar as questões de temporalidade e relacionamento entre esses indicadores (FREITAS JUNIOR *et al.*, 2015), como aspectos fundamentais no processo de significação semântica. Neste particular, não foram encontrados estudos ou propostas que possam realizar esta representação, considerando as necessidades especificadas.

Assim, a construção de uma nova proposta de representação semântica de indicadores de desempenho, que tenha por objetivo a atenuação da vaguidade e da imprecisão e que considere neste processo a temporalidade e o relacionamento entre indicadores justifica-se na medida em que pode contribuir com a área de pesquisa específica ao reunir em um único modelo os requisitos já consolidados na literatura de indicadores de desempenho.

A seção a seguir apresenta aspectos destacados quanto à originalidade, viabilidade e relevância da proposta, elencando um grupo de contribuições oferecidas por ocasião da realização deste trabalho.

1.7 ORIGINALIDADE, VIABILIDADE E RELEVÂNCIA

Os indicadores de desempenho são amplamente utilizados por organizações, públicas e privadas, para a análise da qualidade de seus produtos, serviços e processos, conforme demonstrado pela revisão de literatura realizada. Estes indicadores, em sua maioria, são representados por números, que por sua vez, buscam quantificar aspectos de suficiência e qualidade de determinada característica na organização. Entretanto, conforme igualmente demonstrado pela literatura, a estes números estão relacionados certos traços de imprecisão e vaguidade, carecendo também os indicadores de semântica. Igualmente, um indicador representa uma determinada situação ou aspecto em uma faixa ou ponto específico de tempo.

Assim, para enfrentar estes desafios, o modelo proposto busca reunir o uso das ontologias e lógica difusa para representar semanticamente indicadores, tratando a imprecisão e a vaguidade e lidando com as questões de temporalidade e relacionamentos entre indicadores.

Alguns pontos contribuem para o caráter de originalidade do modelo, uma vez que, dentre a literatura consultada, não foram encontrados estudos que buscassem representar indicadores genericamente, isto é, permitindo sua reutilização para diferentes domínios. Ao revés, diversos estudos foram localizados, e compõem a revisão de literatura realizada, mas buscam representar semanticamente alguns indicadores de domínios muito específicos, assim, a possibilidade de aplicação do modelo em variados domínios confere-lhe características de originalidade.

Por outro lado, o tratamento das questões temporais e de relacionamento entre indicadores, em um modelo genérico, igualmente contribuem para sua diferenciação entre os modelos existentes na literatura, especialmente ao permitir a classificação dos indicadores a partir da base de regras proposta pelo especialista.

A relevância do modelo está diretamente relacionada à aplicação de indicadores nos diferentes domínios. Uma organização precisa medir constantemente sua eficiência, através da aferição das características de seus produtos, processos ou serviços de maneira a classifica-los, identificando suas insuficiências e implementando as melhorias necessárias para torna-la mais competitiva.

Por outro lado, o modelo é relevante inclusive como suporte semântico para diversas categorias de sistemas computacionais, como

sistemas especialistas, sistemas baseados em conhecimento e sistemas de apoio à decisão.

A viabilidade fica igualmente demonstrada na medida em que as tecnologias, métodos e técnicas que integram a solução proposta são consolidadas na comunidade científica da área de Engenharia do Conhecimento.

Por fim, as características reunidas no modelo, especialmente o tratamento da temporalidade, a identificação ontológica dos relacionamentos por ventura existentes entre indicadores e a abordagem difusa para o tratamento de incertezas e vaguidade demonstram sua não trivialidade.

1.7.1 Contribuições do modelo proposto

O desenvolvimento de um modelo genérico para representação de indicadores, capaz de enfrentar o desafio de garantir-lhe semântica, no sentido de tratar a imprecisão, vaguidade, a temporalidade e o relacionamento entre indicadores podem oferecer as principais contribuições descritas a seguir:

- Um modelo de conhecimento para representação genérica de indicadores de forma semântica.
- O uso de ontologias e lógica difusa para tratar incertezas e vaguidade na representação e uso de indicadores.
- O tratamento da temporalidade na representação semântica de indicadores.
- Demonstração da representação semântica de relacionamentos entre indicadores.

A seção a seguir procura delimitar o escopo do trabalho.

1.8 ESCOPO DO TRABALHO

Delimita-se o presente trabalho com o desenvolvimento de um modelo de conhecimento para a representação genérica de indicadores, reunindo-se métodos e técnicas que favoreçam a significação dos valores e tratem a imprecisão, vaguidade, a temporalidade e o relacionamento entre os indicadores.

Não é parte do escopo deste trabalho o desenvolvimento de uma ferramenta computacional direcionada ao usuário final.

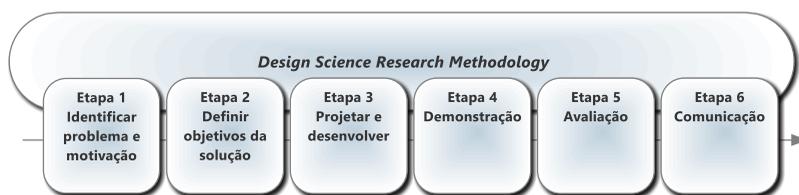
1.9 ABORDAGEM METODOLÓGICA

A presente pesquisa classifica-se, conforme Cupani (2011; 2012) e Vargas (1985) como pesquisa tecnológica, posto que se ocupa em desenvolver artefatos, entendidos aqui não apenas como produtos físicos, concretos, mas também intelectuais, que visem o controle da realidade. Esta modalidade de pesquisa é pautada pela tarefa que se propõe solucionar, tendo mais liberdade metodológica posto que a pesquisa tecnológica tem como produto, invariavelmente, o desenvolvimento de uma nova tecnologia.

É também classificada, conforme Wazlawick (2010), como de natureza original porque busca apresentar conhecimento novo a partir de observações e teorias construídas para explicá-lo. Em relação aos objetivos, ela é classificada como exploratória porque não pretende descrever os fatos, nem buscar suas causas e explicações, mas sim proporcionar maior familiaridade com o problema (GIL, 2008).

A abordagem metodológica definida para o desenvolvimento deste trabalho é a *Design Science Research Methodology*, tendo sido desenvolvido em seis etapas, representadas na Figura 1.

Figura 1 – Metodologia para o desenvolvimento da pesquisa



Fonte: o autor

O detalhamento de cada uma destas etapas, bem como o delineamento metodológico estão descritos no Capítulo 3.

1.10 ADERÊNCIA AO OBJETO DE PESQUISA DO PROGRAMA

A presente pesquisa consubstancia-se em tese do Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento da Universidade Federal de Santa Catarina – PPGEGC/UFSC,

desenvolvida junto à área de Engenharia do Conhecimento, na linha de pesquisa Teoria e Prática em Engenharia do Conhecimento, que tem como foco estudar as metodologias e técnicas desta área e suas relações com a Gestão do Conhecimento.

A seguir apresenta-se aspectos de identidade, contexto e relações factuais com trabalhos já desenvolvidos no âmbito do Programa, de modo a demonstrar a ampla afinidade desta tese com os propósitos do PPGEGC/UFSC.

1.10.1. Identidade

O uso de indicadores nas organizações, de acordo com Opoku-Anokye e Tang (2013), é tarefa multidisciplinar, posto que demanda dados e esforços de diversas áreas, inclusive recebendo atenção da área de Gestão do Conhecimento na medida em que são parte fundamental dos processos de medidas de desempenho.

Por outro lado, a aderência da presente tese ao objeto de pesquisa PPGEGC/UFSC pode ser constatada a partir do objeto de pesquisa e objetivo principal do Programa:

O objeto de pesquisa do EGC refere-se aos macroprocessos de explicitação, gestão e disseminação do conhecimento. Estes incluem os processos de criação (e.g., inovação de ruptura), descoberta (e.g., redes sociais), aquisição (e.g., inovação evolutiva), formalização/codificação (e.g., ontologias), armazenamento (e.g., memória organizacional), uso (e.g., melhores práticas), compartilhamento (e.g., comunidades de prática), transferência (e.g., educação corporativa) e evolução (e.g., observatório do conhecimento) [...] Deste modo, o objetivo do EGC consiste em investigar, conceber, desenvolver e aplicar modelos, métodos e técnicas relacionados tanto a processos/bens/serviços como ao seu conteúdo técnico-científico[...]. (PPGEGC, 2014; BOVO, 2011, p. 30).

Como se vê, o modelo proposto tem por escopo a representação semântica de indicadores, de modo a garantir-lhes significação e minimizar a imprecisão e vaguidade, consistindo, portanto, na

formalização e codificação do conhecimento. Isto se dá através do desenvolvimento de um modelo que contemple o uso de ontologias e lógica difusa, duas técnicas largamente empregadas em propostas de engenharia do conhecimento e em pesquisas desenvolvidas pelo PPGECC/UFSC.

O conhecimento, no contexto deste estudo, é evidenciado a partir da aplicação das ontologias para a representação de indicadores de desempenho, considerando-se aspectos adjacentes para o seu enriquecimento semântico, bem como no tratamento de incertezas através da formalização da lógica difusa.

1.10.2 Contexto estrutural no EGC

A área de Engenharia do Conhecimento se desenvolveu, de acordo com Schreiber *et al.* (2002), a partir do final da década de 70, com foco no desenvolvimento de Sistemas Baseados em Conhecimento (SBC) dentro da área de Inteligência Artificial (IA). De fato, tratada inicialmente como uma subárea da IA na construção de SBC, a Engenharia do Conhecimento ultrapassa estes limites na medida em que passa a considerar todo o contexto sistêmico organizacional das tarefas intensivas em conhecimento (SCHREIBER *et al.*, 2002).

Kasabov (1996) afirma que a Engenharia do Conhecimento pode ser conceituada como a área de pesquisa acadêmica para desenvolvimento de modelos, métodos e tecnologias básicas para representar e processar conhecimento e para construir sistemas inteligentes baseados em conhecimento.

A Engenharia do Conhecimento, portanto, fornece o instrumental para a modelagem e o desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento que sejam capazes de explicitar, formalizar e representar o conhecimento em atividades intensivas em conhecimento.

Esta tese, por sua vez, insere-se no contexto da área de Engenharia do Conhecimento uma vez que a modelo objetiva a materialização, principalmente dos macroprocessos de explicitação, do conhecimento, sem perder a possibilidade de promover suporte aos macroprocessos de gestão e disseminação do conhecimento. A comparação de indicadores de desempenho, possibilitada pela ontologia proposta (FREITAS JUNIOR *et al.*, 2015) é capaz de demonstrar a aplicação do conhecimento e as suas vantagens para a representação semântica de indicadores de desempenho.

Por outro lado, o presente trabalho está centrado na linha de pesquisa Teoria e Prática em Engenharia do Conhecimento, que busca, por ferramental computacional, apoiar a processos de aquisição e de representação do conhecimento, permitindo que esses processos possam ser geridos e utilizados pelas três áreas do programa: engenharia, gestão e mídia do conhecimento.

1.10.3 Referências factuais

Outros estudos já foram realizados no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento com evidente afinidade com este estudo.

A proposição de modelos baseados em ontologia já recebeu a atenção de pesquisadores do programa, a exemplos dos trabalhos de CECI (2015) e SILVA (2015).

Por outro lado, a aplicação da lógica difusa já recebeu, igualmente, a atenção de pesquisadores do Programa, conforme demonstra o trabalho de BRIGNOLI (2013).

Estes estudos prévios, portanto, demonstram a aderência do presente trabalho ao objeto de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, da Universidade Federal de Santa Catarina.

1.11 APRESENTAÇÃO DA TESE

Esta tese está organizada em cinco capítulos a seguir especificados.

O capítulo um apresenta a introdução, identificando a problemática e os objetivos do trabalho. No capítulo dois são apresentadas as bases teóricas para o desenvolvimento do trabalho, especialmente no que se refere às medidas de desempenho e a importância dos indicadores, a Engenharia do Conhecimento, as tecnologias disponíveis para a representação do conhecimento e lógica difusa. O capítulo três apresenta o detalhamento metodológico. No capítulo quatro são apresentadas considerações acerca da ontologia proposta e o seu processo de desenvolvimento. O capítulo cinco é reservado às etapas de avaliação do modelo, sendo seguido pelo capítulo seis, de comunicação de resultados. O capítulo sete finaliza o trabalho apresentando as considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é apresentado o referencial teórico do modelo proposto, dividido em quatro seções. A primeira seção apresenta uma revisão teórica sobre a temática das medidas de desempenho, conceitos e seus principais modelos de referência. A segunda seção demonstra a importância dos indicadores para o processo de avaliação de desempenho, apresentando conceito, sua classificação e os critérios para seleção de indicadores. A terceira seção apresenta a Engenharia do Conhecimento tratando das ontologias e a lógica difusa, que dão suporte para o modelo proposto. Por fim, a quarta seção apresenta estudos relacionados com a temática da representação semântica de indicadores, permitindo uma maior compreensão acerca do tema e contribuindo para a construção do modelo.

2.1. MEDIDA DE DESEMPENHO

O trabalho diário das organizações exige delas esforços para o enfrentamento dos desafios que se apresentam. O sucesso destas organizações, então, está ligado de forma direta à capacidade de percepção de sua realidade e das variáveis que a cercam interna e externamente. Neste aspecto, tem-se que a prática de avaliação, em sentido mais amplo, faz parte da natureza humana e principalmente está localizada na base da tarefa de tomada de decisão (TOLEDO; COSENZA, 2004; JIN *et al.*, 2013).

Neste sentido, tem-se, de acordo com Neely, Gregory e Platts (1995), que a medida de desempenho pode ser definida como um processo de quantificação de eficiência e eficácia de uma ação, onde esta ação conduz ao desempenho.

Entre os diversos motivos que realçam a necessidade de medição de desempenho encontram-se o de avaliar e alinhar o comportamento; comparar resultados; prestar contas; preparar os recursos disponíveis; estabelecer padrões; decidir, etc. Num ambiente competitivo, em que as empresas estão inseridas, é natural que estas estabeleçam objetivos e metas para buscar a estratégia, bem como tenham o controle dos resultados alcançados (MATHEUS, 2012).

Segundo Kaplan e Norton (1997, p. 21):

Medir é importante: ‘o que não é medido não é gerenciado’. O sistema de indicadores afeta fortemente o comportamento das pessoas dentro e fora da empresa. Se quiserem sobreviver e prosperar na era da informação, as empresas devem utilizar sistemas de gestão e medição de desempenho derivados de suas estratégias e capacidades.

Entretanto, uma questão importante nesse processo precisa ser respondida, ou seja, o que efetivamente deve ser medido e como medir? Diante desse questionamento, cada organização, empresa ou departamento deve ter o cuidado de definir as medidas adequadas, avaliando essas medidas tanto individualmente como no seu conjunto. Outra questão fundamental é a utilização dos resultados para decidir, caso contrário, esse controle perde a sua essência que é a tomada de decisão (MATHEUS, 2012).

Attadia e Martins (2003, p. 38-39) comentam que toda medição sempre afeta quem está sendo avaliado e que as medições podem ser executadas em diversas e diferentes situações, tais como: medidas individuais, conjunto de medidas e ambiente – principalmente interno, como parte do processo de melhoria contínua, fazendo com que os membros da organização atuem em prol do alcance dos objetivos de melhoria, em nível individual e organizacional.

Para facilitar este processo, a literatura científica disponibiliza um conjunto de modelos de referência na área de medidas de desempenho. Estes modelos são detalhados a seguir.

2.1.1 Os principais modelos de referência de medidas de desempenho

A busca pela medição do desempenho não é nova. Desde muito tempo o homem busca avaliar e classificar seu desempenho do que diz respeito às atividades produtivas, empregando para isto uma série de indicadores e metodologias diferentes ao longo dos tempos.

Na área industrial, berço dos conceitos de medidas de desempenho, observou-se, ainda, o período conhecido por Era da Produção em Massa. Neste período havia pouca diferenciação dos produtos, fabricação em larga escala e grande dependência dos custos de

mão-de-obra. A principal técnica utilizada para medir o desempenho era a chamada contabilidade de custos (LUCERO, 2006).

Esta técnica basicamente dividia os custos de uma empresa em variáveis ou diretos e fixos ou indiretos. Ocorre que a mudança de paradigma, para o que foi conhecido por Era da Manufatura Enxuta, exigiu uma maior atenção aos custos indiretos ou fixos, que não eram o foco da lógica anterior (LUCERO, 2006).

Hayes *et al.* (1988) afirmam que a utilização da técnica de contabilidade de custos, que analisava o custo de produção pura e simplesmente para avaliar o desempenho de uma organização, em uma era diferente, onde as necessidades e características produtivas eram mais exigentes, trouxe uma série de problemas aos gestores no processo de tomada de decisão, fornecendo não apenas informações equivocadas para os gerentes, mas induzindo-os ao erro na tomada de decisão.

Além disto, Martins (1999) afirma ainda que o uso equivocado de uma técnica de medição de desempenho, que não estava em consonância com os requisitos da época, gerou uma série de prejuízos, entre eles a avaliação insatisfatória de investimentos em novas tecnologias produtivas, avaliação somente da eficiência operacional, acompanhamento somente dos resultados finais alcançados e não das causas desses resultados, informação disponível tardiamente, devido ao longo ciclo de processamento dos dados pelo setor de contabilidade, entre outras situações a serem observadas pelo gestor.

Ainda de acordo com Lucero (2006), antes mesmo da chegada da década de 80, autores como Skinner (1974), Banks e Wheelwright (1979) já expressavam suas preocupações no que se refere a falta de foco estratégico, o encorajamento da visão de curto prazo e a falta de medidas de qualidade, confiabilidade na entrega e flexibilidade dos sistemas de medida de desempenho da época. Kaplan (1984) afirmava, neste aspecto, que era preciso abandonar as técnicas de medida de desempenho empregadas, posto que representavam o que o autor considerou um obstáculo à revolução das novas tecnologias produtivas e formas de gestão.

Diante destas constatações, estudiosos e gestores viram-se motivados a buscar alternativas para a medida de desempenho, posto que esta tarefa já era consolidada como de grande importância para as organizações.

A seguir, apresenta-se um grupo de técnicas ou modelos de medida de desempenho disponíveis na literatura como forma de ilustrar a evolução desta área em direção às técnicas modernas e a definição de

indicadores para a avaliação e classificação do desempenho das organizações em todos os níveis, segmentos e aspectos.

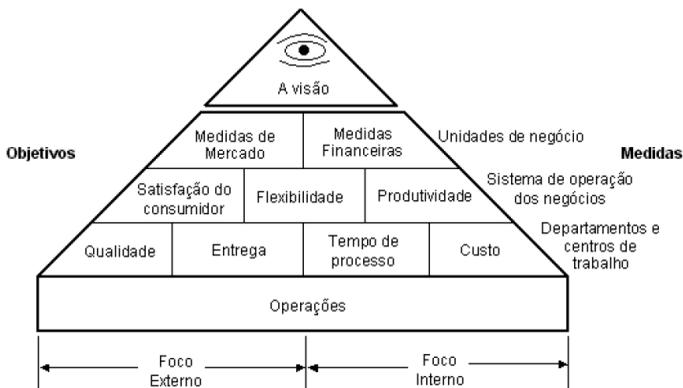
2.1.1.1 Pirâmide de desempenho SMART

O modelo chamado de pirâmide de desempenho SMART foi desenvolvido na *Wang Laboratories Inc.*[®], no ano de 1988, durante um movimento de reestruturação da fábrica para a adoção do conceito denominado *Just-in-time*. Cross e Lynch (1988) afirmam que se obtiveram melhorias de qualidade, motivação de equipes e tempos de ciclos, entretanto, os gestores da organização ainda necessitavam de indicadores de desempenho para análise das mudanças que estavam ocorrendo por ocasião da mudança implementada pelo *Just-in-time*.

Para estes gestores, era necessário que o sistema de medida de desempenho contemplasse cinco perspectivas. A primeira era a avaliação de como os departamentos e funções estavam contribuindo para alcançar a missão estratégica. Depois, o alinhamento da produção aos objetivos estratégicos. A seguir, a integração da informação financeira e não financeira para que pudesse ser utilizada pelos gerentes operacionais. Ainda, tivesse foco no cliente e fosse a base para o sistema de incentivos e premiações.

A partir destes requisitos, desenvolveu-se o chamado modelo SMART (*Strategic Measurement, Analysis and Reporting Technique*) apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Pirâmide SMART



Fonte: Adaptado de Cross e Lynch (1988)

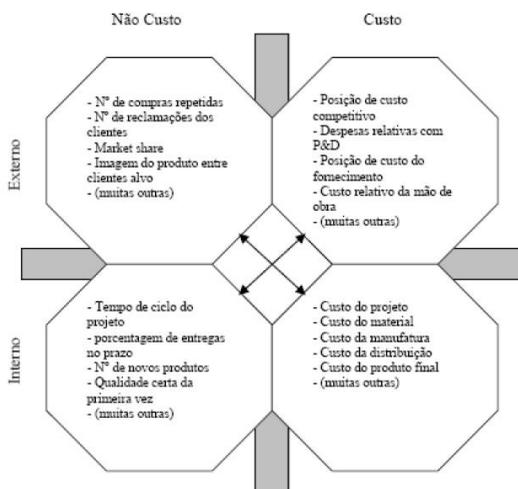
De acordo com Lucero (2006), as medidas da pirâmide SMART são divididas em medidas com foco externo, ou relacionadas ao mercado, e as com foco interno, ou relacionadas a critérios financeiros, estes definidos pelos acionistas ou proprietários do negócio. Percebe-se, também, por meio da Figura 2, que há no modelo um desdobramento hierárquico, a começar pelas unidades de negócio e terminando nos departamentos e centros de trabalho.

2.1.1.2 Matriz de avaliação de desempenho de Keegan

Surgida em 1989, a matriz de desempenho de Keegan obedece às ideias de Keegan *et al.* (1989), ao afirmarem que as medidas de desempenho devem ser derivadas da estratégia para cada nível hierárquico e devem considerar o fluxo dos processos através das funções da empresa.

Esta matriz de avaliação de desempenho considera a divisão entre ambientes interno e externo, além das medidas de custo e não custo. De todo modo, Lucero (2006) aponta uma forte ênfase nos custos, afirmando que, para os autores, as medidas devem ser baseadas no entendimento do comportamento e relacionamento dos custos em todos os níveis (Figura 3).

Figura 3 – Matriz de avaliação de desempenho de Keegan



Fonte: Martins (1999).

2.1.1.3 *Performance Measurement Questionnaire* (PMQ)

Dixon *et al.* (1990) afirmam que o *Performance Measurement Questionnaire* (PMQ) deve ser considerado uma ferramenta para diagnóstico do sistema de medida de desempenho e não um modelo de referência.

O objetivo desta ferramenta é prover um meio para articular as necessidades de aprimoramentos, determinar o grau de suporte do sistema de medição a essas melhorias e estabelecer uma agenda para rever o sistema de medidas de modo a suportar as necessidades de mudanças da empresa (DIXON *et al.*, 1990).

O PMQ é composto por 24 áreas de melhoria e 39 potenciais medidas de desempenho, podendo a organização usar ou não todas estas variáveis, divididas em quatro fases de aplicação.

As fases de aplicação da ferramenta são assim divididas: a fase 1 contempla o preenchimento de informações gerais da organização e as pessoas que responderão ao questionário; a fase 2 contempla o momento em que os respondentes vão especificar a importância de cada área de melhoria para o futuro da organização e se o sistema de medição de desempenho que a empresa adota é capaz de apoiar estas áreas de melhoria; a fase 3 é reservada para que os respondentes atribuam notas sobre um conjunto de 39 indicadores de desempenho, informando sua importância relativa para o sucesso da empresa a longo prazo e a ênfase que a companhia dá ao indicador atualmente. A quarta e última fase analisa as questões temporais solicitando que os respondentes informem quais medidas são importantes para os períodos de tempo diário, semanal, mensal, semestral e anual (LUCERO, 2006).

Após o preenchimento das quatro etapas, a ferramenta permite então a realização de quatro tipos de análises: análise de alinhamento, descrevendo até que ponto a estratégia, ações e medidas estão alinhadas; análise de congruência, onde se aprecia o quão bem um sistema de medição de desempenho suporta as ações de melhoria da empresa; análise de consenso, onde constatam-se as percepções entre diferentes níveis gerenciais; e, análise de confusão, onde se determina a extensão do consenso em cada item da área de melhoramento ou índice de desempenho.

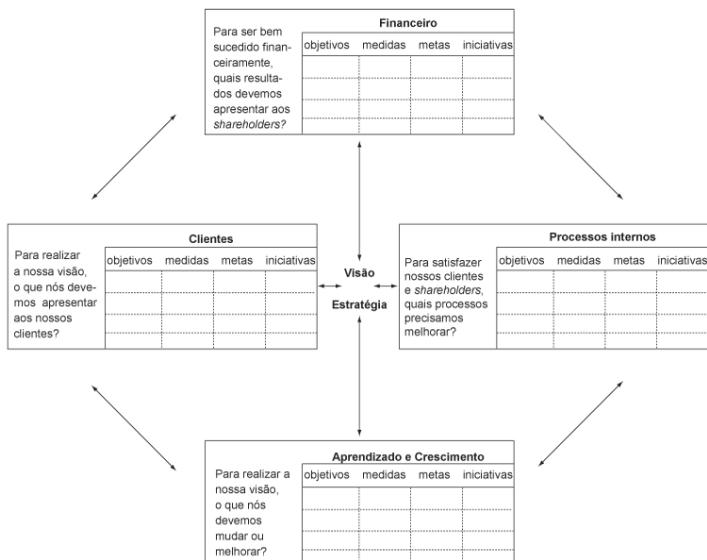
2.1.1.4 *Balanced Scorecard* (BSC)

O *Balanced Scorecard* é considerado ainda hoje um dos mais difundidos e famosos modelos de referência para avaliação de desempenho.

Criado no âmbito de um estudo intitulado *Measuring Performance in the Organization of the Future* (Medindo desempenho na organização do futuro), encabeçado por Norton e apoiado por Robert Kaplan, como consultor acadêmico (KAPLAN e NORTON, 1997), este modelo representa na literatura o equilíbrio entre objetivos de curto e de longo prazos, entre medidas de tendência e de resultado, medidas financeiras e não financeiras e entre perspectiva externa e interna de desempenho.

A Figura 4 apresenta as perspectivas do *Balanced Scorecard*.

Figura 4 – *Balanced Scorecard*



Fonte: Kaplan e Norton (1997)

Na Figura 4 observam-se as quatro perspectivas do BSC que equilibram os objetivos de curto e longo prazo, os resultados desejados e

os vetores de desempenho destes resultados, além das medidas objetivas e subjetivas, fazendo com que o conjunto de medidas aponte para a execução de uma estratégia integrada (KAPLAN e NORTON, 1997).

As quatro perspectivas são: financeira, de clientes, de processos internos e de aprendizado e crescimento.

No que se refere à perspectiva **financeira**, os autores acreditam que os objetivos financeiros da organização devem servir de foco para os objetivos e indicadores das demais perspectivas do BSC, de modo que todas as medidas estratégicas selecionadas devam formar parte de uma cadeia de causa e efeito que conduza à melhoria do desempenho financeiro.

A perspectiva de **clientes** prevê que as empresas devam reconhecer os segmentos de mercado nos quais desejam competir, tendo esta perspectiva os indicadores essenciais de participação de mercado, retenção, captação, satisfação e lucratividade dos clientes.

Na perspectiva de **processos internos**, os executivos identificam os procedimentos mais críticos para cumprir os requisitos dos clientes e acionistas, sendo fundamental que os indicadores e objetivos sejam definidos após a definição das perspectivas de clientes e financeira.

Por fim, a perspectiva de **aprendizado e crescimento** desenvolve objetivos e indicadores para orientar o aprendizado e crescimento organizacional.

2.1.1.5 Abordagem de Harrington

O modelo de medida de desempenho denominado de Abordagem de Harrington foi proposto por Harrington (1993) e tem seu foco no nível de processos de negócio, estabelecendo três medidas para estes processos: medidas de eficácia, medidas de eficiência e medidas de adaptabilidade.

As medidas de eficácia relacionam-se sobre em que proporção as saídas de processo satisfazem as necessidades dos clientes. As medidas de eficiência dizem respeito à utilização de recursos e eliminação de desperdício. Já as medidas de adaptabilidade indicam a capacidade do processo para atender as expectativas, presentes e futuras, dos clientes (LUCERO, 2006).

2.1.1.6 Modelo de Sink e Tuttle

O modelo de Sink e Tuttle (1993) tem como pressuposto que o desempenho de um sistema organizacional é composto pelo relacionamento de vários parâmetros de desempenho, tais como eficácia, eficiência, qualidade, produtividade, qualidade de vida no trabalho, inovação e lucratividade.

Para os autores, a medição é o processo pelo qual se decide o que medir, envolvendo também a coleta, o processamento e a avaliação dos dados. O objetivo deste processo é ter clareza sobre os fatos que geram os resultados de uma organização.

2.1.1.7 Modelo de Rummler e Brache

Para Rummler e Brache (1994), a medição de desempenho é a quantificação de quão bem um negócio atinge uma meta específica. No modelo dos autores a ênfase maior é dada à integração vertical do sistema de medição de desempenho, acreditando que a eficácia da organização se dá quando todos os níveis desta organização estão voltados para a mesma direção.

São especificados três níveis de desempenho a avaliar: organização, processos e trabalho executor. Além disso, há três necessidades de desempenho que determinam a eficiência em cada um destes níveis: objetivos, projeto e gerenciamento (LUCERO, 2006).

2.1.1.8 Modelo Quantum

A metodologia denominada Modelo Quantum foi proposta por Hronec (1994) e tem por princípio que as medidas de desempenho são vitais para as organizações, permitindo que se conheça o que as pessoas estão fazendo, como estão se saindo e se suas ações são integradas aos objetivos da organização.

A base do modelo Quantum é uma matriz de desempenho, que analisa a organização a partir de três níveis: organização, processo e recursos humanos. Além disso, considera o custo, a qualidade e o tempo como dimensões para o desempenho (HRONEC, 1994).

2.1.1.9 Modelo de Brown

O modelo proposto por Brown (1996) possui foco no desempenho de processos e ocupa-se pela medição dos processos em termos de *inputs*, processos, *outputs* e resultados.

As medidas de *inputs* abordam a qualidade e a quantidade destas entradas, as medidas de processo enfatizam os tempos e ciclos de processos, as medidas de *output* monitoram a qualidade e confiabilidade destas saídas e, por fim, os resultados avaliam o impacto destas saídas (*outputs*) sobre o meio.

2.1.1.10 Sistema de medição de desempenho integrado

O sistema de medição de desempenho integrado, proposto por Bititci *et al.* (1997), é organizado em quatro níveis hierárquicos: corporação, unidades de negócio, processos de negócio e atividades.

Neste modelo os autores deixam de propor indicadores para avaliação de cada uma das dimensões, entretanto, oferecem subsídios teórico e metodológico para o desenvolvimento destas medidas nas organizações (LUCERO, 2006).

2.1.1.11 Sistema de medição de desempenho integrado e dinâmico

Ghalayini *et al.* (1997), autores do *Integrated Dynamic Performance Measurement System* ou Sistema de Medição de Desempenho Integrado e Dinâmico (IDPMS, sigla do inglês), afirmam que seu objetivo é gerar um mecanismo de adaptação que trouxesse mais dinamismo ao sistema. Esta dinâmica seria obtida a partir da integração de três estruturas funcionais fundamentais da organização: gerências, times de melhoria e chão de fábrica.

2.1.1.12 Prisma de Neely

Proposto por Neely (1998), o prisma de Neely considera todos os *stakeholders* da organização para efeito de medição de desempenho. Cinco fases são tratadas neste modelo: a) satisfação dos *stakeholders*, quando a organização identifica os atores importantes para o negócio e suas necessidades; b) estratégias, quando se elenca quais estratégias precisam ser levadas a efeito para a satisfação das necessidades dos atores; c) processos, quando se elencam os processos críticos

necessários para a execução das estratégias planejadas; d) capacidades, quando a organização elenca as capacidades, entendidas aqui como habilidades, conhecimentos, melhores práticas, tecnologias ou infraestrutura, necessárias para a operação e melhoria dos processos relacionados; e) contribuição dos *stakeholders*, isto é, quais seriam as contribuições necessárias dos atores para a manutenção ou o desenvolvimento das capacidades (NEELY, 1998; NELLY, 1999; NEELY, 2002).

2.2 INDICADORES

Como visto, a medida de desempenho ocupa um papel importante na avaliação e classificação do desempenho organizacional, sendo objeto de vários estudos até a atualidade (MASKEL, 1991; KAPLAN e NORTON, 1992; SINK e TUTTLE, 1993; NEELY *et al.*, 1994; OPOKU-ANOKYE e TANG, 2013; JIN *et al.*, 2013). Estes autores destacam que a medida de desempenho é crucial para a gestão do desempenho de uma organização, fornecendo informações que permitem o controle dos processos gerenciais e contribuindo para o controle e monitoramento dos objetivos e metas estratégicas.

É sabido, por outro lado, que a medida de desempenho é amplamente aplicada em diversas organizações, não apenas privadas, mas inclusive públicas, e em diversos setores, permitindo o acompanhamento do desempenho das instituições de modo a elevar a qualidade dos serviços prestados.

O ato de medir, em si, de acordo com Kiyam (2001), é composto de um conjunto de atividades, pressupostos e técnicas que visam quantificar variáveis e atributos de interesse do objeto a ser analisado. No que se refere à medida de desempenho, como já visto, tem-se esta tarefa de medir voltada à avaliação e classificação do desempenho organizacional, de modo a aprimorá-lo (BANDEIRA, 1997).

A medida de desempenho, de acordo com Kiyam (2001) e Duarte (2011) é operacionalizada através de indicadores de desempenho, que buscam quantificar o desempenho do objeto de estudo. Rosa, Pamplona e Almeida (1995) ensinam que os parâmetros usados em qualquer medida de desempenho representam um conjunto de dados e informações necessárias para que se possa administrar a competitividade do sistema organizacional. Para eles, estes parâmetros seriam como instrumentos, cujos mostradores são representados por indicadores.

Kaplan e Norton (1992) reafirmam a importância dos indicadores ao afirmarem que o desempenho só pode ser explicitado através de um conjunto de indicadores que procura descrever o processo através do qual a organização atinge seus resultados, embora muitas vezes sejam complementares e contraditórios.

Assim, toda medida de desempenho é composta e operacionalizada por indicadores.

2.2.1 Conceito de indicadores

Os primeiros indicadores e procedimentos utilizados, de acordo com Chandler (1977) e Neely (2002), possuíam foco para o controle de contabilidade e foram criados pelas companhias DuPont® e General Motors® no início do século XX.

Hoje este conceito evoluiu, sendo os indicadores de desempenho considerados componentes básicos de um sistema de medição de desempenho (PINHEIRO, 2011).

Para Souza *et al.* (1994), os indicadores são expressões quantitativas que visam representar uma informação concebida através da medição e da avaliação de estruturas da organização, de seus processos ou do produto resultante. São vistos, nesta perspectiva, como importantes ferramentas de apoio à tarefa de tomada de decisão (LIMA, 2005; SINK e TUTTLE, 1993).

A Fundação para o Prêmio Nacional da Qualidade, em publicação de 1995, define indicador como sendo uma relação matemática que mede, através da representação numérica, os atributos de um processo ou os resultados advindos dele, com o viés de comparar esta medida com objetivos e metas numéricas previamente estabelecidas pela organização (FPNQ, 1995).

De Rolt (1998) expande esta definição acrescentando o conceito de eficiência e eficácia. O autor afirma que os indicadores são elementos que medem o nível de eficiência e eficácia de uma organização, medem o desempenho dos processos de produção, considerando inclusive a satisfação dos clientes (DE ROLT, 1998).

Para Kardec, Flores e Seixas (2002), estes indicadores são guias que possibilitam medir a eficácia das ações levadas a efeito e também avaliar o desempenho através da comparação de ações planejadas e de fato executadas.

Assim, é possível afirmar que um indicador representa um resultado atingido de um determinado processo ou ainda acerca da

característica de determinado produto ou serviço resultante deste processo (SOUZA *et al.*, 1994).

Lantelme (1994) afirma que estes indicadores permitem ainda o estabelecimento de metas viáveis, isto é, objetivos quantificáveis que permitem a avaliação e classificação dos processos, produtos e serviços, proporcionando o ambiente adequado para a implementação e desenvolvimento de novas estratégias organizacionais.

Duarte (2011), por sua vez, ao procurar sintetizar as diversas definições disponíveis na literatura, afirma que “conceituam-se indicadores como informações quantitativas ou qualitativas que representam o resultado de uma ou mais medidas relacionadas a um determinado processo, incluindo suas entradas e saídas” (DUARTE, 2011, p. 26).

Por fim, no que se refere à conceituação de indicadores, Diamantini, Potena e Storti (2016) recentemente definiram os indicadores de desempenho como medidas sintéticas geradas por meio de operações como a agregação e composições algébricas. Para os autores, estes indicadores são calculados ou apurados a partir de dados transacionais.

A seção a seguir procura apresentar algumas classificações possíveis para os indicadores de desempenho.

2.2.2 Classificação dos indicadores

A literatura apresenta diferentes formas de classificar indicadores. Segundo Duarte (2011), eles podem ser organizados de acordo com sua finalidade, nível de agregação, nível de controle e referência, entre outros.

Kaplan e Norton (1997) classificam os indicadores de desempenho em indicadores de **resultado** e indicadores **vetores de desempenho**. Para os autores, os indicadores de resultado são aqueles que avaliam se as iniciativas de curto prazo e as estratégias estão gerando os resultados esperados. Já os indicadores vetores de desempenho demonstram a singularidade da estratégia e fornecem informações para a empresa sobre tendências de uma determinada unidade de negócios da organização.

Outra classificação difundida pela literatura é a de Lantelme (1994). A autora divide os indicadores segundo seus níveis de agregação, classificando-os em indicadores de desempenho **específicos** e indicadores de desempenho **globais**. Os indicadores de desempenho

específicos fornecem informações para a gestão global da organização e seus processos individualmente. Eles estão mais relacionados às estratégias e atividades específicas da empresa e são subdivididos em indicadores de desempenho **gerencial** e indicadores de desempenho **operacional**.

Os indicadores de desempenho **globais**, por sua vez, possuem caráter mais agregado e procuram representar o desempenho de uma organização, ou setor, em relação ao ambiente em que se insere (LANTELME, 1994).

Souza *et al.* (1995) apresenta outra classificação de indicadores, dividindo-os em indicadores de **qualidade** e indicadores de **produtividade**.

Os indicadores de qualidade são aqueles relacionados às medidas de desempenho de um produto ou serviço, especialmente quanto ao atendimento das necessidades dos clientes internos e externos. Por outro lado, os indicadores de produtividade são aqueles que medem o desempenho dos processos.

Também Costa (2003) apresenta uma categorização de indicadores, afirmando que eles podem ser divididos em indicadores **estratégicos e operacionais**, indicadores **de produto ou de processo** e indicadores **principais ou secundários**.

Os indicadores estratégicos e operacionais são utilizados para a vinculação com as estratégias da empresa. Os indicadores de produto ou de processo são aqueles vinculados à avaliação de desempenho do produto ou do processo gerencial. Por fim, os indicadores principais ou secundários são aqueles que se ocupam por medir ou classificar o nível de importância do indicador em relação a sua incorporação nos processos gerenciais.

Parmenter (2007) apresenta outra classificação de indicadores, dividindo-os em três tipos: **indicadores chave de resultado** (*key result indicators* – KRI), **indicadores de desempenho** (*performance indicators* – PI) e **indicadores chave de desempenho** (*key performance indicators* – KPI).

Para o autor, os indicadores chaves de resultado (KRI) medem o sucesso atingido, fornecendo informações sobre o que foi feito num determinado processo até um dado momento no tempo. Os indicadores de desempenho (PI) são aqueles que fornecem informações suficientes para se determinar qual o caminho que a empresa deve seguir para melhorar seu desempenho operacional. Por fim, os indicadores chaves

de desempenho (KPI) informam sobre o que fazer para aumentar drasticamente o desempenho.

Outras classificações ainda podem ser encontradas na literatura, como a de Alárcon *et al.* (2001), cujo foco está na realização de *benchmarking*, mais direcionada aos indicadores utilizados por empresas da construção civil, que, em razão de sua especificidade, deixarão de ser detalhados nesta tese (DUARTE, 2011).

Observa-se, ainda, conforme Duarte (2011), que as diversas classificações de indicadores disponíveis na literatura procuram dividir estes indicadores a partir da finalidade das informações que prestam aos usuários.

Diamantini, Potena e Storti (2016), por fim, procuram dividir os indicadores de desempenho em dois grupos: **indicadores compostos** e **indicadores atômicos**. Esta classificação está relacionada à forma de obtenção dos valores que os indicadores representam. Para os autores os indicadores atômicos são aqueles que não dependem de qualquer cálculo ou operação matemática para serem aferidos, como o número de peças produzidas por hora em uma determinada organização. Os indicadores compostos, por sua vez, são aqueles que demandam uma fórmula matemática para a apuração de seu valor.

A seção a seguir trata da seleção de indicadores.

2.2.3 Seleção de indicadores

Os indicadores são importantes para todo o processo de avaliação e medida de desempenho das organizações, conforme já demonstrado. Devem, também, ser cuidadosamente selecionados, entre outras razões, pelo fato de que, para se alcançar o sucesso em projetos de sistema de medida de desempenho, estes indicadores precisam fornecer informações a todos os níveis hierárquicos da organização (DUARTE, 2011).

Neste aspecto, Costa *et al.* (2005) afirmam que a seleção dos indicadores para avaliação e classificação do desempenho de uma organização deve ser feita de forma cuidadosa, levando-se em consideração os objetivos estratégicos e os fatores críticos desta organização.

Ambrozewicz (2003), por sua vez, aponta uma série de requisitos a serem considerados por ocasião da seleção de indicadores. Estes requisitos constituem-se em um referencial para a construção,

implementação e uso de indicadores, não apenas para a sua seleção ao integrarem um sistema de medida de desempenho. São eles:

- a) Seletividade: os indicadores devem estar relacionados a aspectos, etapas e resultados essenciais ou críticos do produto, serviço ou processo, de modo que um número excessivo de medidas dificulta a coleta e o acompanhamento;
- b) Estabilidade: os indicadores selecionados devem perdurar ao longo do tempo. Esta estabilidade pode ser obtida através da incorporação destes indicadores às atividades da organização ou do departamento a que se quer avaliar ou classificar. Na medida em que se têm indicadores que perduram ao longo do tempo, podem-se realizar avaliações históricas, permitindo-se obter a evolução de determinado aspecto da organização ao longo do tempo;
- c) Simplicidade: deve ser de fácil compreensão e aplicação, empregando relações percentuais simples, médias e medidas de variabilidade e números absolutos, sob pena de ocorrer um desestímulo de seu uso e a inviabilização em relação ao custo de acompanhamento;
- d) Baixo custo: as etapas de coleta, processamento e avaliação de um indicador não podem ter custos superiores ao benefício obtido com este indicador;
- e) Acessibilidade: um indicador pode ser considerado acessível na medida em que os seus dados são de fácil acesso. Em assim não o sendo, as pessoas responsáveis por sua coleta abandonam, invariavelmente, a tarefa.
- f) Representatividade: o indicador deve ser formulado para representar satisfatoriamente o processo ou produto a que se refere.
- g) Rastreabilidade: para o uso de um indicador, deve-se documentar os dados e as informações utilizadas, assim como os formulários e memórias de cálculo, incluindo o registro do pessoal envolvido, tudo com vistas a proporcionar o recálculo rápido do indicador em caso de incongruência.
- h) Abordagem experimental: os indicadores devem ser testados inicialmente de modo que sejam abandonados caso não se mostrem importantes e eficazes ao longo do tempo.

Assim, fica evidente a importância da medição de desempenho para o sucesso de qualquer organização, especialmente no que tange à escolha dos indicadores adequados que fornecerão as informações e métricas compatíveis com os objetivos do projeto de avaliação organizacional. Para isso, evidencia-se na literatura, como se verá a seguir, a necessidade de uma representação semântica destes indicadores, etapa que pode ser amparada pela Engenharia do Conhecimento.

2.3 MÉTODOS E TÉCNICAS DE ENGENHARIA DO CONHECIMENTO

A área de Engenharia do Conhecimento se desenvolveu, de acordo com Schreiber *et al.* (2002), a partir do final da década de 70, com foco no desenvolvimento de Sistemas Baseados em Conhecimento (SBC) dentro da área de Inteligência Artificial (IA). De fato, tratada inicialmente como uma subárea da IA na construção de SBC, a Engenharia do Conhecimento ultrapassa estes limites na medida em que passa a considerar todo o contexto sistêmico organizacional das tarefas intensivas em conhecimento (SCHREIBER *et al.*, 2002).

Kasabov (1996) afirma que a Engenharia do Conhecimento pode ser conceituada como a área de pesquisa acadêmica para desenvolvimento de modelos, métodos e tecnologias básicas para representar e processar conhecimento e para construir sistemas inteligentes baseados em conhecimento.

A Engenharia do Conhecimento, portanto, fornece o instrumental para a modelagem e o desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento que sejam capazes de explicitar, formalizar e representar o conhecimento em atividades intensivas em conhecimento.

Por outro lado, uma ampliação deste conceito é difundida pela comunidade científica da área, ao afirmar-se que a Engenharia do Conhecimento se refere a todos os aspectos técnicos, científicos e sociais envolvidos na construção, manutenção e uso de sistemas baseados em conhecimento (KEOD, 2009).

As ontologias ocupam papel central nesta área e são definidas na seção a seguir.

2.3.1 Ontologias

As ontologias estão sendo cada vez mais utilizadas para a representação do conhecimento em sistemas baseados em conhecimento. Entretanto, para a compreensão de sua aplicação, iniciaremos pela análise do conceito de representação do conhecimento.

2.3.1.1 A representação do conhecimento

Alguns autores discutem o conceito de representação, segundo os quais somente a partir dele é possível compreender o significado de representação do conhecimento (SALM JUNIOR, 2012).

Neste sentido, temos que representação é o relacionamento entre dois domínios onde o primeiro deve tomar o lugar do segundo. A partir disso, o primeiro domínio é considerado mais usual, concreto, imediato do que o segundo, o que justificaria a representação (BRACHMAN; LEVESQUE, 2004).

Mizoguchi (2001), por sua vez, afirma que o que faz uma representação diferente de outros artefatos é que ela permite expressar qualquer objeto ligado a um conteúdo. Este conteúdo, para o autor, pode ser uma proposição quando o objeto de contexto é uma frase ou um texto, ou pode ser uma representação de objeto abstrato ou físico, como no caso de um ícone.

Assim, tem-se que a representação se dá a partir do relacionamento de dois domínios, um deles mais acessível que o outro, utilizando-se de diversas expressões possíveis para esta representação.

A representação do conhecimento, então, é o campo de estudo que se preocupa com o uso formal de símbolos para representar a coleção de proposições e crenças por um agente putativo (BRACHMAN; LEVESQUE, 2004).

No campo da Inteligência Artificial, por outro lado, a representação do conhecimento simbólico trata-se da criação de sistemas computacionais que raciocinam a partir de uma máquina de interpretação do mundo, semelhante ao raciocínio humano (GRIMM *et al.*, 2011).

Neste aspecto, as ontologias são amplamente utilizadas para a representação do conhecimento, inclusive do ponto de vista computacional (SALM JUNIOR, 2012).

2.3.1.2 Ontologias para representação do conhecimento

A palavra ontologia tem sua origem na filosofia, significando uma explanação sistemática de tudo que existe (GÓMEZ-PÉREZ, 1999; GUARINO, 1998). McComb (2004), ao buscar a definição metafísica, afirma que a ontologia é um ramo desta que cuida da estrutura de sistemas, estando associada com a organização e a classificação do conhecimento, estando muito proximamente relacionada à semântica. Por outro lado, afirma que a ontologia está mais ligada ao conceito de organização do conhecimento, que se dá somente após se ter o domínio e conhecer seu sentido, enquanto que a semântica tem por foco o próprio sentido das coisas.

A metafísica, por sua vez, é um segmento da filosofia que se ocupa do estudo da essência do mundo, do estudo do ser ou da realidade. Desta forma, uma ontologia, do ponto de vista filosófico, deve representar conceitos, relacionamentos, regras e axiomas de um determinado domínio ou parte de uma realidade (SALM JUNIOR, 2012).

Entretanto, para Vilela e Oliveira (2004), o termo ontologia, cuja origem ocorreu na área da Filosofia, como já afirmado, indicando as relações entre o que existe, passou a ser empregado com diferentes sentidos, especialmente na área de Inteligência Artificial e Engenharia do Conhecimento, dando-lhe novo reposicionamento.

No campo da Inteligência Artificial, inicialmente, Neches *et al.* (1991) apresentam ontologia como sendo a definição dos termos básicos e suas relações, compreendendo o vocabulário de uma área assim como as regras para a combinação dos termos e relações para definir extensões a este vocabulário.

Gómez-Pérez (1999) afirma que esta definição se ocupou por explicitar os procedimentos a serem observados para a construção de uma ontologia, isto é, identificação básica dos termos e relacionamentos entre eles, identificação das regras para combiná-los, fornecimento de definições destes termos e relacionamentos.

Ainda na busca de uma definição para ontologia, em 1993, Grubber (1993) afirma que uma ontologia é “uma especificação explícita de uma conceitualização”. Esta referência tornou-se, então, a mais referenciada na literatura (GÓMEZ-PÉREZ, 1999).

Em 1997, Borst (1997) amplia a definição de Grubber (1993), ao afirmar que ontologias são definidas como “uma especificação formal de uma conceitualização compartilhada”.

Ao procurar explicar esta definição, Studer *et al.* (1998) ampliam este conceito, afirmando que as ontologias são “uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada”. Uma explanação amplamente aceita por engenheiros de ontologias (GOBIN, 2012) é apresentada pelos autores afirmando que “conceitualização” se refere a um modelo abstrato de algum fenômeno do mundo, que se dá a partir da identificação dos conceitos relevantes deste fenômeno. O termo “explícito”, para os autores, trata-se da necessidade de que estes conceitos, e as restrições de seu uso, precisam estar explicitamente definidas. A expressão “formal” determina que a ontologia precise ser capaz de ser lida por uma máquina, o que permite seu processamento computacional, por exemplo. Por fim, a expressão “compartilhada” evidencia a noção de que uma ontologia captura um conhecimento que é consensual, isto é, que é compartilhado por um grupo e não pertence apenas a um indivíduo.

Mais recentemente, diversos autores têm apresentado novas definições de ontologia. Para Abramovich (2005), as ontologias são especificações explícitas dos tipos de recursos que existem e os relacionamentos possíveis entre eles, e instâncias específicas de conceitos na ontologia.

Uma ontologia também pode ser definida como sendo um conjunto de termos ordenados hierarquicamente para representar um domínio específico. Ela pode ser usada como um esqueleto para uma base de conhecimento onde são executados processos de inferência (raciocínio). O uso de uma ontologia permite então, a definição de um domínio no qual será possível trabalhar em determinada área específica, possibilitando a melhora no processo de extração de informação e o intercâmbio do conhecimento (GÓMEZ-PÉREZ, 1999).

Para Dillon e Simmons (2008), as ontologias compartilham uma compreensão comum acerca da estrutura da informação entre pessoas ou agentes de software, mas não apenas isto, elas também possibilitam a reutilização do conhecimento de determinado domínio, explicitam as suposições deste domínio, separam o conhecimento de domínio do conhecimento operacional, além de permitirem a análise do conhecimento de domínio.

A engenharia de ontologias, por sua vez, é definida pelos mesmos autores como um processo altamente colaborativo, posto que uma ontologia desenvolvida com toda precisão pouco serve se não for aceita pelos especialistas de domínio, que devem participar diretamente de seu desenvolvimento.

Conforme afirmado por Gómez-Pérez (1999), na literatura poderão ser encontrados diferentes conceitos de ontologia, fornecendo pontos de vista diferentes e complementares sobre a mesma realidade.

Entretanto, é possível afirmar que este conceito de ontologia, transferido da área da Filosofia, como já explicitado, para a Ciência da Computação e Engenharia do Conhecimento pode trazer benefícios da categorização ontológica aos sistemas de informação, especialmente aos sistemas baseados em conhecimento (GRIMM, 2011; DOMINGUEZ e GUTIERREZ, 2004).

Guarino (1998) apresenta benefícios do uso de ontologias junto aos sistemas de informação:

- **Reutilização do conhecimento:** uma ontologia permite ao desenvolvedor não apenas o compartilhamento de software, um dos focos da engenharia de software, mas também a reutilização do conhecimento.
- **Reutilização de vocabulários:** possibilita, em diferentes circunstâncias, a reutilização e compartilhamento de conhecimento de domínios específicos através do uso de vocabulários comuns em todo o âmbito da plataforma de software.
- **Abstração de alto nível:** permite que os desenvolvedores se concentrem na estrutura a ser implementada sem a preocupação com o aprofundamento e excesso de detalhes de implementação.

A partir do exposto, verifica-se que as ontologias podem ser utilizadas para a representação do conhecimento, especialmente em sistemas baseados em conhecimento, agregando diversos benefícios ao desenvolvimento deste tipo de sistema. Na sequência, analisa-se os tipos de ontologia e suas classificações identificadas na literatura.

2.3.1.3 Classificação das ontologias

Alguns estudos procuram apresentar classificações para as ontologias (LASSILA; MCGUINNESS, 2001; OBERLE, 2006; HEEP *et al.*, 2007). Apesar do que já fora asseverado por Salmi Junior (2012), de que não há um consenso na literatura acerca de uma classificação para as ontologias, Guarino (1998) afirma que as ontologias podem ser de quatro tipos:

- a) **Ontologias de alto nível (*top-level*):** estas ontologias procuram descrever conceitos gerais como espaço, tempo, matéria, objeto, evento, ação, independentes de um problema particular ou domínio.
- b) **Ontologias de domínio e ontologias de tarefa:** estas ontologias descrevem, respectivamente, o vocabulário relacionado a um domínio genérico (medicina, automóveis, etc.) ou uma tarefa ou atividade genérica (diagnóstico, venda, etc.). Isto ocorre a partir da especialização dos termos introduzidos na ontologia de alto nível.
- c) **Ontologias de aplicação:** este tipo de ontologia descreve conceitos dependentes de um domínio particular e de uma tarefa, que são frequentemente especializações de ambas as ontologias. Estes conceitos, frequentemente, correspondem às regras atribuídas por algumas entidades do domínio ao executar uma determinada atividade.

Por outro lado, destaca-se também o trabalho de Hepp *et al.* (2007), que aponta seis principais características a partir das quais se pode classificar projetos de ontologias. De acordo com os autores, as ontologias podem ser classificadas de acordo com:

- a) **Expressividade:** esta característica refere-se à expressividade do formalismo usado para especificar a ontologia, podendo variar desde um vocabulário composto de termos simples até uma ontologia axiomáticamente rica e com alto grau de ordem e lógica. Apesar de implementar maior dificuldade para a compreensão do usuário e demandar maior custo computacional para as operações de raciocínio, um projeto de ontologia com alto grau de expressividade possibilita raciocínios mais complexos e minimiza interpretações inadequadas.
- b) **Tamanho da comunidade usuária:** uma ontologia voltada para uma grande comunidade usuária precisa ser de fácil compreensão, possuir documentação adequada e ser pequena em tamanho.
- c) **Dinâmica conceitual do domínio:** esta característica refere-se à capacidade de a ontologia representar o número de novos conceitos (elementos) e mudanças de significado para aqueles já existentes em um período de tempo. É natural que

determinados domínios possuam esta dinâmica conceitual, exigindo que novas categorias de coisas (classes) assumam relevância no âmbito da ontologia. Esta dinâmica conceitual, então, determina uma série de estratégias para desenvolverem-se versões diferentes da ontologia ao longo do tempo, exigindo também um maior detalhamento. Quanto maior a dinâmica conceitual de um domínio, mais difícil é para manter uma ontologia rica e axiomizada.

- d) **Número de elementos de conceitos do domínio:** ontologias muito amplas dificultam o processo de raciocínio executado pela máquina que a manipula em memória. Por outro lado, ontologias menores são rapidamente adaptadas e são adotadas mais facilmente do que ontologias extensas. Estas últimas também apresentam maior dificuldade para sua visualização e revisão.
- e) **Grau de subjetividade na conceituação de um domínio:** tem-se que o grau de subjetividade de um conceito em um domínio influencia um determinado tipo de mecanismo facilitador de consenso. Por outro lado, aumenta a possibilidade de discordâncias quando definições muito específicas na ontologia são apresentadas.
- f) **Tamanho médio de especificação por elemento:** esta característica se refere ao esforço necessário para se chegar a um consenso para a codificação da ontologia, especialmente no que se refere ao número de atributos, axiomas, etc.

Assim, é possível encontrar na literatura algumas iniciativas para classificar as diferentes ontologias possíveis. Neste aspecto, uma área conhecida como engenharia de ontologias ocupa-se pelas atividades de planejamento e desenvolvimento de ontologias, discutida na seção seguinte.

2.3.1.4 Engenharia de Ontologias

A Engenharia do Conhecimento, como já asseverado, estuda metodologias para a representação do conhecimento, tendo apontado as ontologias como uma das principais formas de representar computacionalmente o conhecimento de um determinado domínio.

Neste aspecto, surge o conceito de Engenharia de Ontologias, que teria se originado no contexto de uma nova ciência que tem por

finalidade a codificação das características das coisas, de modo que os profissionais voltados ao desenvolvimento de ontologias, os chamados ontologistas, enfrentam os mesmos desafios, isto é, o de extrair a essência das coisas (GÓMEZ-PÉREZ, 2004).

Gómez-Pérez *et al.* (2004) complementam afirmando que a engenharia de ontologias é o conjunto de atividades relacionadas ao processo de desenvolvimento de ontologias, seu respectivo ciclo de vida, os métodos e as metodologias para sua construção e as ferramentas e linguagens utilizadas.

Salm Junior (2012, p. 133), afirma que a Engenharia de Ontologias pode ser definida como a área que “trata do conjunto de metodologias, métodos, atividades, tarefas, artefatos, ciclo de vida e o processo de desenvolvimento, tendo como principal objetivo a criação, evolução ou manutenção de uma ontologia”.

Alguns autores consideram também, com especial destaque, ao procurar definir a Engenharia de Ontologias, os aspectos relacionados às metodologias (BÉZIVIN, 1998), evidenciando a necessidade da atuação desta engenharia a partir de técnicas e princípios claros.

Ao engenheiro de ontologias cumpre, portanto, o papel de observar todo o processo de desenvolvimento de um projeto de ontologias, que vai desde a descrição da intenção de sua aplicação, engenharia de requisitos, construção da ontologia propriamente dita, implantação desta ontologia na aplicação, além de sua manutenção e o acompanhamento de sua evolução (GÓMEZ-PÉREZ, 2004).

No que se refere ao método de Engenharia de Ontologias, Sbódio *et al.* (2010) afirma que ele deva considerar três aspectos relevantes: atividades de gerência da ontologia, atividades de desenvolvimento da ontologia e atividades de suporte à ontologia.

Para os autores, as atividades de gerência da ontologia incluem definições para o planejamento das tarefas de engenharia de ontologia, assim como a definição do controle e garantia de qualidade.

As atividades de desenvolvimento de uma ontologia estão mais relacionadas à especificação conceitual, formal e, por fim, a implementação da ontologia. Há que se considerar, segundo os autores neste aspecto, as questões de viabilidade.

Por fim, as atividades de suporte às ontologias são responsáveis pelo apoio ao desenvolvimento e estão relacionadas às tarefas de aquisição, avaliação, integração, fusão e alinhamento e gerência de configuração.

2.3.1.5 Metodologias e métodos para o desenvolvimento de ontologias

Consta da literatura científica alguns estudos cujo objetivo é o de analisar, relacionar e comparar os métodos para o desenvolvimento de ontologias (CORCHO *et al.*, 2003; CRISTIANI; CUEL, 2004; GÓMEZ-PÉREZ *et al.*, 2003; SURE, 2006).

Gómez-Pérez *et al.* (2003) cita as principais metodologias ou métodos para engenharia de ontologias:

- DOGMA (JARRAR, 2005);
- Enterprise Ontology (USCHOD; KING, 1995);
- KACTUS (BERNARAS *et al.*, 1996);
- METHONTOLOGY (FERNANDEZ-LOPEZ *et al.*, 1997);
- SENSUS (SWARTOUT *et al.*, 1997);
- TOVE (USHOLD; GRUENINGER, 1996);
- Holpsapple (HOLSAPPLE; JOSHI, 2004);
- HCOME (KOTIS; VOURUS, 2006);
- OTK Methodology (SURE *et al.*, 2004);
- UPON - The Unified Process for ONtology Building (NICOLA *et al.*, 2009).

A esta lista, acrescenta-se a metodologia NeOn (NEON BOOK, 2009) e OntoKEM (RAUTENBERG *et al.*, 2010).

A seguir, apresenta-se uma breve apresentação de cada uma destas metodologias para o desenvolvimento de ontologias, consideradas pela literatura como as principais metodologias disponíveis.

2.3.1.5.1 Metodologia DOGMA

A Metodologia DOGMA, proposta por Jarrar e Meersman (2002) é baseada em práticas de bancos de dados e trabalha com a decomposição de recursos ontológicos, que são inseridos em bases ontológicas, formando fatos binários simples, denominados *lexons*. Esta metodologia é implementada no servidor DOGMA e conta com a ferramenta DOGMA *Modeler Tool Set*.

2.3.1.5.2 Metodologia *Enterprise Ontology*

A metodologia *Enterprise Ontology* foi proposta foi Uschod e King (1995) e é fundamentada em três passos: identificação do

propósito, captura do conceito e o relacionamento entre os conceitos e os termos para os quais são usados para referenciar estes conceitos, e, por fim, a codificação da ontologia. Conta com a ferramenta de suporte chamada *Ontolingua Server*.

2.3.1.5.3 Metodologia KACTUS

A metodologia KACTUS foi apresentada por Bernaras *et al.* (1996) e requer uma base de conhecimento existente para o desenvolvimento da ontologia. A partir desta base de conhecimento, aplicando-se uma análise de estratégia *bottom-up*, pode-se construir a ontologia pretendida.

2.3.1.5.4 Metodologia METHONTOLOGY

A metodologia conhecida por *METHONTOLOGY* foi apresentada por Fernandez-Lopes *et al.* (1997) e permite a construção integral da ontologia ou a reutilização delas a partir de sua forma original, ou ainda através da aplicação de reengenharia de ontologias. Basicamente, esta metodologia possui as seguintes etapas: identificação do processo de desenvolvimento de ontologia (avaliação, configuração, gerência, conceitualização, integração e implementação), ciclo de vida baseado na evolução de protótipos e a metodologia em si, definindo os passos necessários para a execução de cada atividade, suas técnicas e os produtos resultantes, além da avaliação de cada um deles.

2.3.1.5.5 Metodologia SENSUS

A metodologia *SENSUS* foi definida por Swartout *et al.* (1997) e é constituída por duas abordagens: *top-down* e *middle-out*. A partir destas duas abordagens são derivadas ontologias de domínio específico tendo por origem ontologias fundamentais.

2.3.1.5.6 Metodologia TOVE

A metodologia TOVE, apresentada por Uschold e Grueninger (1996), consiste na construção de ontologias a partir de perguntas de competência, isto é, questionamentos que a ontologia a ser desenvolvida deve ser capaz de responder.

2.3.1.5.7 Metodologia de Holsapple e Joshi

A metodologia de Holsapple e Joshi (2002) possui foco na engenharia colaborativa para o desenvolvimento de ontologias. Nesta proposta, um engenheiro de conhecimento define uma ontologia inicial e a partir dos retornos recebidos de um painel de especialistas de domínio, são realizadas as mudanças ou ampliações. Este procedimento de melhoria e avaliação contribui, então, para a determinação do consenso na definição dos termos da ontologia.

2.3.1.5.8 Metodologia *HCOME*

A metodologia *HCOME* foi proposta por Kotis e Vouros (2003) e oferece apoio à construção de ontologias de forma descentralizada. Esta metodologia conta com três ambientes. O primeiro é chamado de *personal space*, onde o usuário pode criar, fundir, controlar versões, mapear termos ou palavras com sentido para conceitos da ontologia. O segundo ambiente é chamado de *shared space*, onde permanecem as ontologias a serem compartilhadas por várias pessoas. O último ambiente é chamado de *agreed space*, onde permanecem as ontologias que já passaram pelo processo de discussão e consenso.

2.3.1.5.9 Metodologia *OTK*

A metodologia *OTK*, definida por Sure *et al.* (2004) é parte de um projeto chamado *On-To-Knowledge* e consiste na divisão da engenharia de ontologias em cinco etapas: estudo de viabilidade, *kickoff*, refinamento da avaliação e aplicação e por último a etapa de evolução. Cada uma destas etapas possui outras subetapas, bem como um artefato ou resultado de saída.

2.3.1.5.10 Metodologia *UPON*

A metodologia *UPON*, proposta por Nicola *et al.* (2009), é baseada em UML (*Unified Modeling Language*), definindo um conjunto de cinco fluxos de trabalho: identificação de requisitos, análises, design e conceitualização, implementação e teste. Estes fluxos de trabalho estão inseridos em quatro fases: concepção, elaboração, construção e transição. Estas fases e estes fluxos são, de acordo com a metodologia,

executados de forma cíclica, a fim de que se produza uma ontologia a cada ciclo, que será aplicada a um estágio do projeto.

2.3.1.5.11 Metodologia *NeOn*

A metodologia *NeOn*, proposta por Gómez-Pérez *et al.*, no ano de 2009 (NEON BOOK, 2009) é uma metodologia para o desenvolvimento de ontologias baseada em cenários, especialmente voltada ao desenvolvimento de ontologias em rede. Os cenários previstos pela metodologia *NeOn*, conforme *NeOn Book* (2009) são:

- Construir redes de ontologias do zero sem usar recursos existentes.
- Construir redes de ontologias para reutilizar recursos não ontológicos ou realizar a reengenharia desses recursos.
- Construção de redes de ontologias reutilizando ontologias ou módulos (parte) de ontologias.
- Construção de redes de ontologias através da reutilização e ontologias ou reengenharia de módulos (partes) de ontologias.
- Construção de redes de ontologias através da reutilização e fusão de módulos da ontologia.
- Construção de redes através da reutilização de ontologias, fusão (merge) de ontologias e reengenharia ou módulos (partes) de ontologias.
- Construção de redes de ontologias através da reutilização de padrões de projeto de ontologias.
- Construção de redes de ontologias por meio da reestruturação ou de módulos de ontologias.
- Construção de redes de ontologias através da localização de ontologias ou módulos de ontologias.

Esta metodologia conta com uma ferramenta a chamada *NeOn Toolkit*, amplamente utilizada para o desenvolvimento de ontologias a partir de suas premissas.

2.3.1.5.12 Metodologia *OntoKEM*

A metodologia *OntoKEM* foi desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento

da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGEGC). Proposta por Rautenberg *et al.* (2008; 2008b; 2010), a metodologia consiste em uma ferramenta para o desenvolvimento de ontologias na perspectiva do auxílio à organização e recuperação da informação.

Como características da metodologia podem ser destacadas: a) incutir um método de desenvolvimento de ontologias baseado em vantagens metodológicas do guia de desenvolvimento de ontologias conhecido por 101 (NOY; MCGUINNESS, 2008) e das metodologias *On-to-Knowledge* (SURE; STUDER, 2003) e METHONTOLOGY (GÓMEZ-PÉREZ *et al.*, 2004); e, b) gerar, automaticamente, uma gama de artefatos de documentação.

A metodologia OntoKEM compreende quatro etapas principais: especificação, aquisição de conhecimento, implementação e avaliação.

A etapa de especificação compreende as atividades de delimitação do escopo e do propósito da ontologia,

A segunda etapa, de aquisição de conhecimento, consiste no conjunto de ações com vistas à obtenção de conhecimento do domínio. Normalmente executada a partir de interação com os especialistas de domínio. Esta tarefa compreende subsidiar a construção das questões de competência, a delimitação das classes, relações, etc.

A tarefa de implementação, terceira na sucessão proposta pela metodologia, consiste na valoração das propriedades e instâncias da ontologia. Recomendam os autores a utilização da ferramenta Protégé® para esta etapa.

Finalmente, ocorre a tarefa de avaliação, quando se faz necessária a análise da ontologia a partir do conhecimento do especialista, bem como, a análise técnica da ontologia.

Assim, a OntoKEM e todas as demais metodologias apresentadas nesta seção, colocam à disposição da Engenharia de Ontologias ferramentas para o desenvolvimento de ontologias. Entretanto, para a satisfação das necessidades de um projeto de Engenharia do Conhecimento, outras teorias, técnicas ou tecnologias podem ser necessárias, como a lógica difusa (*fuzzy logic*).

2.3.2 Lógica difusa

No ano de 1965, o matemático Lofti Zadeh elaborou uma teoria chamada de Lógica não-formal, ou como ficou conhecida, lógica nebulosa (*fuzzy logic*, ou lógica difusa). Em seu trabalho, o autor afirma que algumas classes de objetos encontradas no mundo físico real, em

algumas ocasiões, não possuem critérios claros de pertinência. Por exemplo, a classe de animais claramente inclui cachorros, cavalos, pássaros, etc. Entretanto, seres como estrelas-do-mar e bactérias possuem um status ambíguo em relação à classe dos animais.

Esta ambiguidade e dificuldade de definição pela lógica clássica ficam mais evidentes quando passamos a analisar classes cujos critérios de pertinência são mais imprecisos e vagos, como “números muito maiores que 1” ou “a classe das mulheres bonitas”, ou ainda “a classe dos homens altos” (ZADEH, 1965, p. 338).

Note-se que estas classes demandam características de pertinência que não encontram respaldo no senso matemático clássico dos termos. Entretanto, esta chamada imprecisão possui papel importante no pensamento humano, particularmente no domínio de reconhecimento de padrões, comunicação de informações e abstração (ZADEH, 1965).

Estes são, portanto, os conjuntos difusos. Ross (1995) diferencia os conjuntos clássicos dos difusos afirmando que os primeiros são grupos de elementos com as mesmas características e que integram um determinado universo de discurso (números inteiros entre -5 e +5, por exemplo). Já os conjuntos difusos, por sua vez, são compostos por elementos agrupados a partir de características subjetivas (conjunto dos números muito maiores que 1, por exemplo). Nos conjuntos clássicos, ou o elemento pertence ou não pertence ao conjunto. Já nos conjuntos difusos, este pertencimento pode ser medido em diferentes graus.

Assim, para lidar com esta imprecisão, Zadeh (1965) apresenta os princípios da lógica difusa afirmando que um conjunto difuso é aquela classe que possui contínuos graus de pertinência. Para ele, a lógica difusa fornece uma forma natural de tratar problemas nos quais a imprecisão se origina a partir da falta de critérios claramente definidos para a pertinência às classes.

A lógica difusa, no campo da lógica, pode ser considerada como um tipo de lógica paraconsistente, contradizendo alguns princípios da lógica clássica aristotélica, uma vez que considera informações de natureza incompleta e inconsistente (ABE, 1992).

Toledo e Cosenza (2004) afirmam que os conjuntos difusos são uma generalização da teoria convencional de conjuntos, cujo objetivo é a representação das incertezas da vida cotidiana. Para os autores, a interpretação de dados através da lógica difusa se aproxima sobremaneira dos processos levados a efeito pelo cérebro humano durante sua vida cotidiana, na medida em que o ser humano toma decisões baseadas em informações incompletas e imprecisas.

Para o ser humano são corriqueiras as informações difusas, como a frase “vá para a cama por volta das 22h”. Na Figura 6, os autores procuram evidenciar as dicotomias entre as lógicas clássica ou formal e a difusa.

Figura 6 – Dicotomias entre as lógicas formal e difusa



Fonte: TOLEDO; COSENZA, 2004.

Em sua obra, Zadeh (1973, p. 28) procura evidenciar fragilidades da lógica formal ao apresentar o princípio da incompatibilidade, uma das bases da lógica difusa, afirmando que:

À medida que a complexidade de um sistema aumenta nossa habilidade para fazer afirmações precisas e que sejam significativas acerca deste sistema diminui até que um limiar é atingido além do qual precisão e significância (ou relevância) tornam-se quase que características mutuamente exclusivas.

A partir da disseminação deste conceito, a lógica difusa tem sido muito empregada em aplicações industriais, tais como robótica, permitindo a simplificação da modelagem de aplicações que envolvem fenômenos complexos e dinâmicos (BRIGNOLI, 2013).

Assim, a partir dos autores trazidos à luz, tem-se que a lógica difusa permite o tratamento de imprecisão e vaguidade. Barros (1997), neste sentido, afirma que quando o fenômeno estudado apresenta subjetividade como forma de imprecisão, a melhor forma de olhar o problema é por meio da Teoria *Fuzzy*.

Zimmermann (2010) afirma, por fim, que a aceitação da teoria *fuzzy* cresceu muito lentamente nos anos 1960 e 1970 do último século, entretanto, na segunda metade dos anos 1970, a primeira aplicação prática utilizando sistemas baseados em lógica difusa, chamada “*fuzzy control*” foi implementada com grande sucesso e despertou o interesse da comunidade internacional para esta teoria.

Assim, como forma de ampliar a compressão sobre os postulados da lógica difusa, a seção seguinte analisa o conceito de probabilidade e possibilidade.

2.3.2.1 Medidas de probabilidade e medidas de possibilidade

As medidas de possibilidade e medidas de probabilidades, de acordo com Brignoli (2013) são formas alternativas para a expressão da incerteza associada a um domínio. Zadeh (1978), por sua vez, afirma que a medida difusa é a forma de expressão de incerteza considerada pela teoria da possibilidade como alternativa para a teoria da probabilidade.

Assim, torna-se necessária a diferenciação entre probabilidade e possibilidade. Para esta finalidade, Brignoli (2013) propõe um cenário simplificado: considere-se uma pizza que foi pré-fatiada em oito pedaços de igual tamanho. Logo, se a totalidade da pizza constitui um universo U , formula-se duas perguntas com teor diferenciado:

a) suponha-se que a pizza está fria e deverá ser levada ao forno de micro-ondas para aquecimento. Sabe-se, *a priori*, que apenas duas fatias, escolhidas aleatoriamente, serão aquecidas. A partir deste cenário, questiona-se qual a **probabilidade** (chance) de alguém consumir uma fatia de pizza que foi aquecida? Como resposta, poderíamos afirmar que a probabilidade de uma pessoa consumir uma fatia de pizza que fora aquecida é de 25%, ou $\frac{2}{8}$. Portanto, 25% seria a medida de probabilidade ou a chance de uma pessoa se beneficiar de uma fatia de pizza aquecida.

b) por outro lado, suponha-se que todas as fatias de pizza foram levadas ao micro-ondas e aquecidas por tempos diferentes, ou seja, teremos algumas fatias mais quentes do que outras. A partir deste novo

cenário, questiona-se qual a probabilidade de alguém consumir uma fatia de pizza quente? Como resposta a este questionamento, diante do fato de que todas as fatias de pizza foram de fato aquecidas, poderíamos afirmar que, do ponto de vista de uma medida de probabilidade (chance) a resposta seria 100%. Entretanto, este segundo exemplo permite a análise de uma segunda medida, a de possibilidade de uma pessoa consumir fatias de pizza quente. Para isso, se fosse possível aferir a temperatura de cada fatia de pizza após retirá-la do forno de micro-ondas, poder-se-ia expressar uma medida de possibilidade (pizza_quente) num intervalo $\in [0, 1]$.

Na perspectiva da lógica difusa, a medida pizza_quente é um conceito subjetivo, posto que se encontra presente nele a imprecisão. Diante do fato de que cada fatia de pizza fora aquecida em tempos diferentes, cada uma delas terá então uma medida entre $[0, 1]$ que expressa a sua possibilidade de ser uma fatia de pizza_quente.

Em outras palavras, cada fatia de pizza pode ser mais ou menos quente, isto é, pertencer em maior ou menor grau ao conjunto de pizza_quente.

De acordo com os postulados da lógica difusa, esta pergunta poderia ser respondida a partir da seguinte expressão:

$$pizza_quente^{\mu}(fatia_{pizza_{(i)}}) = p \in [0,1](\forall i=1..8)$$

Esta equação pode ser lida da seguinte forma: p é o grau de pertinência da fatia_pizza em relação ao conjunto difuso pizza_quente.

Outro aspecto importante da teoria da lógica difusa trata-se da diferenciação entre conjuntos clássicos e conjuntos difusos, tratados na seção seguinte.

2.3.2.2 Conjuntos clássicos e conjuntos difusos

Um conjunto clássico é um grupo de elementos com as mesmas características, que estejam inseridos em um dado universo de discurso X , de modo que as características dos elementos de X podem ser discretas, valores inteiros contáveis ou valores contínuos em termos de intervalos reais (ROSS, 1995).

Estes conjuntos clássicos também são conhecidos como conjuntos *crisp*. O termo *crisp* está associado aos significados de categórico, taxativo, concreto, nítido, objetivo (BRIGNOLI, 2013).

No caso do conjunto clássico X , cada elemento de X possui uma relação de pertinência total a X . Em outras palavras, considerando-se o caso do conjunto clássico $X = \{\text{inteiros entre } -5 \text{ e } +5\}$, tem-se que o elemento $2 \in a X$ e que o elemento $7 \notin X$.

Os conjuntos difusos, por sua vez, expressam características subjetivas, dando margem à vaguidade e a imprecisão dos conceitos que descrevem sua forma de existência e definição.

Barros (1997, p. 14) apresenta uma definição formal de conjunto difuso:

Seja X um conjunto clássico. Um subconjunto *fuzzy* $F = \{(x, \mu_F(x)) : x \in X\}$ onde $\mu_F : X \rightarrow [0,1]$ é uma função chamada de pertinência de x em F com os graus 1 e 0 representando, respectivamente, a pertinência completa e a não pertinências do elemento ao conjunto fuzzy.

Para melhorar a compreensão deste conceito, pode-se exemplificar um conjunto difuso a partir da seguinte situação: suponha-se a existência de um conjunto Y , presente em dado universo de discurso, que seja representado pelo grupo de “pessoas altas”, podendo ser expressado por $Y = \{\text{pessoas altas}\}$. Suponha-se, igualmente, alguns elementos que podem se relacionar com o conjunto Y , sendo $y_1 =$ “Maria com 1,65m de altura”, $y_2 =$ “João com 1,97m de altura” e $y_3 =$ “Roberto com 1,78m de altura”.

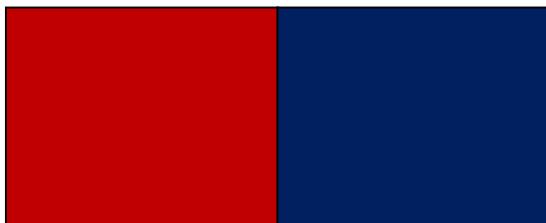
A respeito do caso acima, pode-se afirmar que uma variável de natureza difusa (pessoas altas) possui limites quantitativos que não são bem explicitados de modo que o conceito que descreve o conjunto Y , isto é, o de pessoas altas, pode ter uma intensidade semântica diferente conforme a análise e a percepção de quem o analisa. Em lógica difusa, esta intensidade pode ser medida por um grau de pertinência que certifica a certeza ou a possibilidade de que um elemento y esteja inserido em Y .

Poderíamos dizer que, no caso do conjunto Y acima e de seus elementos y_1 , y_2 e y_3 que, sem compromisso com a precisão e apenas a título de exemplo, o elemento y_1 tem um grau de pertinência de 0,6 ao conjunto Y , isto é, de pessoas altas. Já o elemento y_2 tem um grau de pertinência de 0,95 ao conjunto Y e o elemento y_3 tem um grau de pertinência de 0,8.

Brignoli (2013) afirma, então, que um grau de pertinência é uma medida de possibilidade especificada por um coeficiente real no intervalo compreendido entre $[0, 1]$. Entretanto, Ross (1995) acrescenta que este intervalo é apenas uma maneira típica de representar a forma normalizada da expressão de uma medida de certeza possibilística. Porém, à luz da teoria da possibilidade, esta medida pode ser aferida e inferida por meio de mecanismos lógicos das operações difusas de modo que o coeficiente possa ser maior que 1.

A Figura 7 demonstra um exemplo de um conjunto clássico composto pelas cores vermelho e azul.

Figura 7 – Exemplo de conjunto clássico das cores vermelho e azul



Fonte: Adaptado de Brignoli (2013)

A Figura 8, por sua vez, apresenta um exemplo de um conjunto difuso composto pelas cores azul e vermelho, entretanto, dando margem à inexatidão, ambiguidade e subjetividade de suas variáveis.

Figura 8 – Exemplo de conjunto difuso das cores vermelho e azul



Fonte: adaptado de Brignoli (2013)

Analisando-se estes dois exemplos pode-se afirmar, então, que os conjuntos clássicos ou *crisp* são compostos por elementos relacionados a partir de critérios objetivos, claros, categóricos. Conjuntos difusos, por

sua vez, apresentam níveis variáveis de pertinência de seus elementos, a partir de critérios difusos e subjetivos.

A seção a seguir demonstra as proposições clássicas e as proposições difusas, demonstrando de que forma estas ambiguidades podem ser expressas a partir de afirmações lógicas.

2.3.2.3 Proposições clássicas e proposições difusas

De acordo com Brignoli (2013) a compreensão de um domínio cuja representação se dá a partir de variáveis imprecisas ou difusas deve considerar a análise das entidades que descrevem a subjetividade tratada pela modelagem difusa. Esta descrição pode ser extraída a partir de expressões dadas por meio de proposições difusas.

A principal diferença entre as proposições clássicas e as proposições difusas está na faixa de valores verdade que estas podem assumir. O valor de uma proposição difusa pode ser qualquer valor compreendido entre 0 e 1 (KLIR; YUAN, 1995).

Uma proposição, de acordo com a teoria dos conjuntos clássicos, é sempre uma sentença afirmativa que denota um valor-verdade (verdadeiro ou falso). Brignoli (2013) apresenta algumas proposições *crisp* ou clássicas, em seguida correlacionando-as com as formas difusas. Vejamos:

- 1) Proposições clássicas (lógica ou *crisp*):
 - a. A temperatura está em 42° C
 - b. Paulo tem 25 anos de idade
 - c. Ana tem 1,75m
 - d. O aluno obteve média maior que 7
- 2) Proposições difusas:
 - a. A temperatura está quente
 - b. Paulo é uma pessoa jovem
 - c. Ana é uma pessoa razoavelmente alta
 - d. O aluno obteve um bom rendimento escolar

É possível constatar-se de que o valor-verdade das proposições difusas não pode ser expresso por argumentos lógicos clássicos, mas apenas pela medida de possibilidade que afere o teor de verdade de cada sentença segundo o universo de discurso em que estão inseridas (BRIGNOLI, 2013).

Torna-se fundamental, então, que estes conceitos representados por termos linguísticos (bom rendimento escolar, razoavelmente alta, jovem, quente) sejam associados a grandezas numéricas oriundas de uma escala definida pelo denominado suporte da variável linguística que está sendo modelada. Ross (1995), por sua vez, apresenta a necessidade da conversão destas grandezas numéricas, que originalmente encontram-se no formato *crisp* para o formato difuso (*fuzzy*). Este processo é denominado *fuzzyficação*, ou simplesmente conversão *crisp* \rightarrow *fuzzy*.

A seção a seguir trata da modelagem da função de pertinência, necessária à compreensão do processo de fuzzyficação.

2.3.2.4 Função de pertinência difusa

A representação de um conceito subjetivo, complexo, incompleto, vago ou impreciso pode se dar através de uma variável que o quantifique. Esta variável denomina-se variável linguística, e, sendo um conjunto, pode se organizar por subconjuntos chamados de termos linguísticos ou simplesmente conjunto difuso. Estes conjuntos, em sua forma agregada, caracterizam a variável linguística e são representados por formas convexas, lineares ou não lineares através de funções de pertinência (ZIMMERMAN, 1991).

Uma variável linguística, portanto, é uma variável cujo valor é expresso qualitativamente por termos linguísticos que tem por função atribuir um conceito à variável, e quantitativamente através de uma função de pertinência (GANGA *et al.*, 2011).

Esta função de pertinência é representada da seguinte forma:

$$\mu_A(x)$$

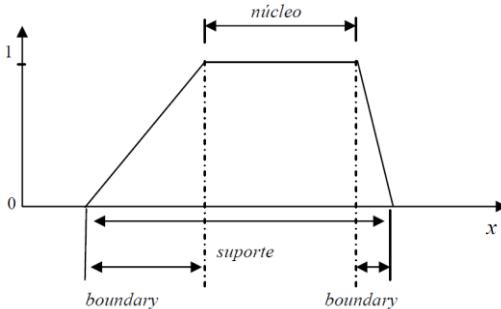
Nesta notação, o “A” representa o conjunto difuso, “x” representa a entrada *crisp* no suporte do conjunto A e $\mu(x)$ é o grau de pertinência de “x” em relação ao conjunto difuso “A”, com valor normalizado no intervalo [0, 1].

As funções de pertinência apresentam algumas características apresentadas por Ross (1995). Entre elas, podemos citar: núcleo, suporte e limiares (*bundaries*). O núcleo (*core*) da função de pertinência é a região da função que define um conjunto difuso A, cujos valores x do universo resultam em $\mu(x) = 1$. O suporte é a região da função de pertinência que não anula a função de pertinência, isto é, $\mu(x) > 0$. Por

fim, os limiares (*boundaries*) são os limites do conjunto difuso para o qual $0 < \mu(x) < 1$.

Essas características são demonstradas na Figura 9.

Figura 9 – Características de uma função de pertinência



Fonte: Brignoli (2013)

Por outro lado, tem-se que o formato de uma função de pertinência que representará um conjunto difuso deve estabelecer uma relação com o pensamento humano e nossa capacidade de realizar raciocínio aproximado, o que facilita em muito a compreensão da lógica difusa. Neste aspecto, Brignoli (2013) segue apresentando o exemplo da variável temperatura, com os subconjuntos difusos “fria”, “razoável” e “quente”. Sabidamente a transição de um estado para o outro não se dá de forma abrupta, mas sim gradual. Em razão desta constatação, justifica-se a escolha de formas lineares (trapezoidais e triangulares) e formas não-lineares (sigmóides e gaussianas) de se conceber a modelagem de imprecisão com funções algébricas em lógica difusa.

Assim, temos que uma função de pertinência é uma função numérica, gráfica ou tabulada, que atribui valores de pertinência difusa para valores discretos de uma variável, em seu universo de discurso, sendo este o intervalo numérico de todos os valores reais possíveis que uma variável específica pode assumir (GANGA *et al.*, 2011).

Ganga *et al.* (2011) ainda afirmam que a participação do especialista do domínio a que se pretende modelar torna-se fundamental no processo de construção da função de pertinência, de modo a fazer representar o peso real para a transformação dos valores de entrada em valores difusos.

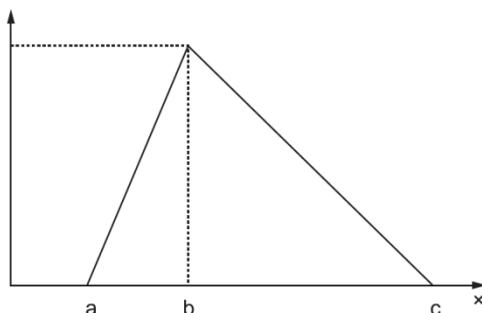
Diferentes tipos de funções de pertinência estão disponíveis na literatura, como triangular, trapezoidal e gaussiana. Entretanto, de acordo com Wu e Lee (2007), Ross (1997) e Liu e Liu (2001), a função de pertinência mais empregada é a função triangular. Isto decorre do fato de que esta função de pertinência é intuitivamente mais fácil de ser calculada e utilizada por tomadores de decisão (DUBOIS; PRADE, 1980; LIN *et al.*, 2007).

A função de pertinência triangular é aquela representada pela equação:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{para } a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & \text{para } b \leq x \leq c \\ 0 & \text{para } x > c \end{cases}$$

De acordo com Ganga *et al.* (2011), nesta equação que representa a função de pertinência triangular, “a”, “b” e “c” são números reais com $a < b < c$. Fora do intervalo $[a, c]$, o grau de pertinência é nulo, sendo que “b” representa o ponto em que o grau de pertinência é máximo. A Figura 10 apresenta graficamente a função de pertinência triangular, identificando os pontos “a”, “b” e “c”.

Figura 10 – Função de pertinência triangular



Fonte: Ganga *et al.*, 2011.

Após a compreensão da modelagem da função de pertinência, uma importante etapa do processo de raciocínio a partir da lógica difusa trata-se da conversão *crisp* \rightarrow *fuzzy*, a ser analisada na seção seguinte.

2.3.2.5 Fuzzyficação

A aplicação da lógica difusa conta com um importante processo de conversão de uma grandeza numérica que representa uma quantidade ou métrica relacionada à variável linguística de domínio. Conhecida por *fuzzyficação*, esta conversão transforma o número real *crisp* em um coeficiente $\mu(x) \in [0, 1]$ como sendo a medida *fuzzy* correspondente a entrada x .

A *fuzzyficação* é, portanto, a realização de um mapeamento entre os valores numéricos das variáveis *crisp* de entrada do sistema para graus de compatibilidade com conceitos linguísticos (GANGA *et al.*, 2011). É através deste processo que se obtém o grau de pertinência com que cada entrada pertence a cada conjunto difuso.

Em outras palavras, pode-se afirmar que o processo de *fuzzyficação* seria dizer que uma determinada temperatura tem um determinado grau de pertinência (que varia de 0 a 1) ao conjunto “frio”, “razoável” e “quente”. Por exemplo, a temperatura de 40 graus, poderia ter um grau de pertinência de 0,9 ao conjunto “quente”, 0,1 ao conjunto “razoável” e 0,0 ao conjunto “frio”.

Este grau de pertinência é obtido a partir da aplicação das funções de pertinência, determinadas a partir de um estudo para a seleção da função que melhor descreva as variáveis de entrada.

Definidas as funções de pertinência, calculados os graus de pertinência de cada uma das entradas, dá-se lugar ao processo de inferência.

2.3.2.6 Inferência

O processo de inferência em um sistema difuso consiste em avaliar as entradas e compará-las com os chamados “antecedentes” das regras, de modo a ativar seus “consequentes” (SILVEIRA, 2004).

Uma regra difusa é estruturada da seguinte forma:

SE {antecedentes} ENTÃO {consequentes}

Ortega (2001) afirma que estes antecedentes representam uma condição, enquanto a parte consequente descreve a conclusão ou uma ação a ser levada a efeito quando as premissas especificadas estejam presentes.

Os operadores lógicos “e” e “ou” também podem ser empregados para oferecer complexidade às regras difusas, combinando premissas com o objetivo de melhor qualificar as ações a serem empreendidas.

O resultado do processo de inferência difusa, então, é um conjunto de saída difuso.

Concluída a etapa de inferência, é possível haja a necessidade da obtenção de um valor discreto. A este processo chama-se *defuzzificação*.

2.3.2.7 Defuzzificação

A defuzzificação é o processo pelo qual se converte o conjunto difuso de saída de um sistema em um valor chamado *crisp* equivalente. Etapa opcional, somente é executada quando de fato há a necessidade de uma saída composta por um valor único e discreto (FERNANDES, 1996).

Alguns métodos estão disponíveis para o processo de defuzzificação. Entre eles, os mais conhecidos são: média dos máximos, centro da área e método das alturas.

No método chamado de média dos máximos é calculada a média de todos os valores de saída que tenham os maiores graus de pertinência. No caso do centro da área, conhecido também por centro de gravidade ou centroide, considera-se toda a distribuição de possibilidade de saída do modelo utilizando-se uma média ponderada. Este método é o mais comumente usado. O método das alturas, também conhecido por centro dos máximos, se aproxima do método do centro da área, avaliando a média ponderada das alturas de todas as funções de pertinência associadas com os consequentes das regras.

2.3.3. Ontologias Difusas

As ontologias clássicas contribuem, como já observado, para a representação do conhecimento e o processamento de informações semânticas. Entretanto, são capazes de capturar somente informações precisas ou completas, uma vez que as ontologias se baseiam na teoria clássica de conjuntos (YAGUINUMA; SANTOS; BIAJIZ, 2007).

Desta forma, as ontologias ditas clássicas seriam insuficientes para representar conhecimento incerto e impreciso, de natureza difusa. Para enfrentar este desafio, a lógica difusa e as ontologias se comunicam a fim de oferecer uma solução viável para a representação de conhecimento difuso, impreciso e incerto (BORGES *et al.*, 2010).

Estas ontologias são consideradas como uma extensão das ontologias clássicas porque incorporam elementos e recursos de sistemas difusos na definição de classes, propriedades e instâncias (COELHO, 2012).

Esta incorporação de elementos difusos às ontologias clássicas pode ocorrer em maior ou menor grau, de acordo com a necessidade a ser enfrentada, já tendo sido objeto de estudo na literatura científica.

Calegari e Ciucci (2008) apresentam o estudo de Parry (2004) como o primeiro trabalho a utilizar ontologias difusas na organização e recuperação de informações. Neste estudo, Parry (2004) emprega as ontologias difusas para a recuperação de documentos médicos, considerando que um relacionamento entre um termo específico e diversos documentos podem ter um valor diferente, de acordo com os diversos interesses e usuários. Para isto o autor inclui um valor relativo ao grau de pertinência para cada termo que é atribuído para cada usuário, fazendo com que os documentos recuperados a partir da ontologia possam relativizar estes relacionamentos.

Quan, Hui e Cao (2004), por sua vez, apresentam em seu estudo a abordagem conhecida por FOGA (*Fuzzy Ontology Generation Framework*). Esta abordagem tem por objetivo o desenvolvimento automático de ontologias difusas a partir de informação incerta.

Pereira *et al.* (2006) apresentam um modelo de representação do conhecimento e de recuperação de informação relevante baseado em uma ontologia relacional difusa. No trabalho a ontologia difusa é composta de um vocabulário de termos, que são associados entre si por uma relação difusa. Cada classe desta ontologia, então, é relacionada a uma palavra por um determinado grau de associação difusa.

Abulaish e Dey (2006) também definem uma ontologia difusa de modo que cada conceito expresso na ontologia é representado como uma relação difusa que codifica o grau de valor de uma propriedade usando uma função de pertinência difusa.

Lam (2006), por sua vez, publica uma extensão à chamada *Fuzzy Ontology Map* (FOM). A FOM é uma matriz que coleta o valor de pertinência entre classes de uma ontologia, procurando então representar a informação incerta.

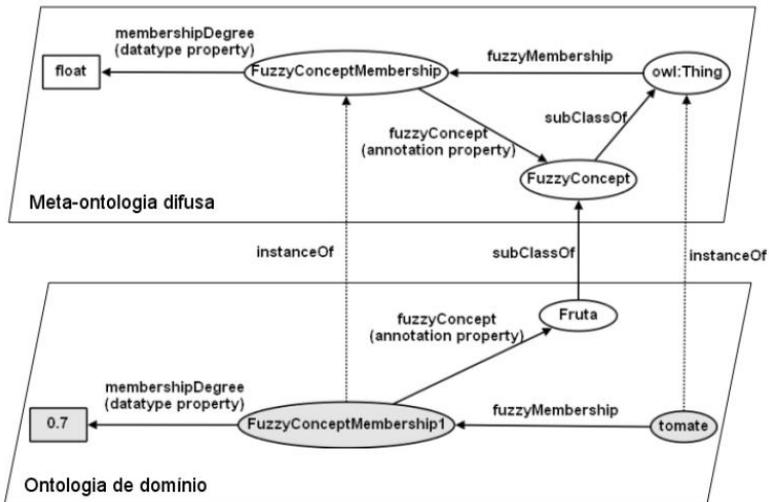
Calegari e Ciucci (2008, 2007a, 2007b, 2007c e 2006) e Calegari e Sanchez (2007) apresentam diversos estudos também procurando apresentar ontologias difusas no âmbito do projeto KAON.

Yaguinuma, Biaziz e Santos (2007) apresentam, igualmente, estudos procurando demonstrar a aplicação de ontologias difusas para a

representação de informação imprecisa. Nos estudos, os autores apresentam o tratamento de informação imprecisa a partir da inserção de classes e relacionamentos difusos.

A Figura 11 apresenta a representação de uma classe difusa de acordo com Yaguinuma, Santos e Biajiz (2007).

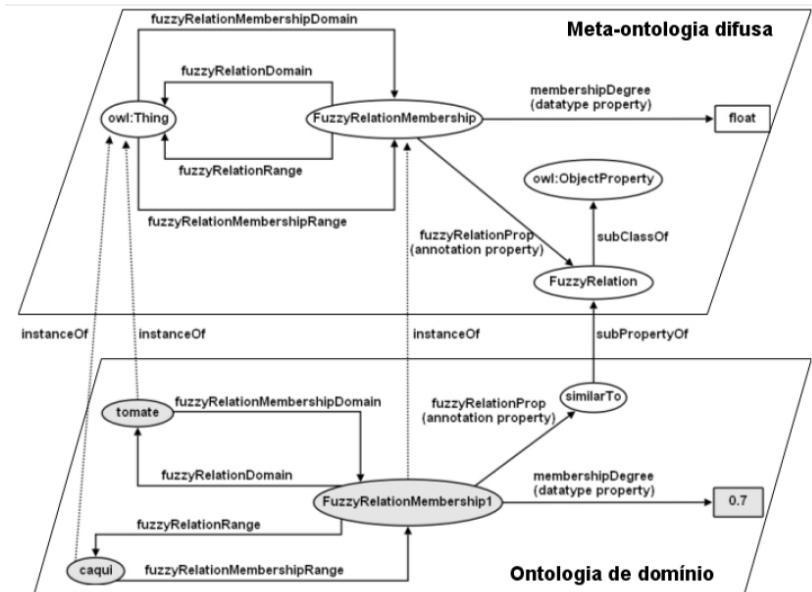
Figura 11 – Representação de classe difusa



Fonte: Yaguinuma, Santos e Biajiz, 2007.

Ainda Yaguinuma, Santos e Biajiz (2007) apresentam, na Figura 12, a representação de um relacionamento difuso, demonstrando em que nível de pertinência está um relacionamento ao referir-se a dois elementos ou conceitos.

Figura 12 – Representação de relacionamentos difusos



Fonte: Yaguinuma, Santos e Biajiz, 2007.

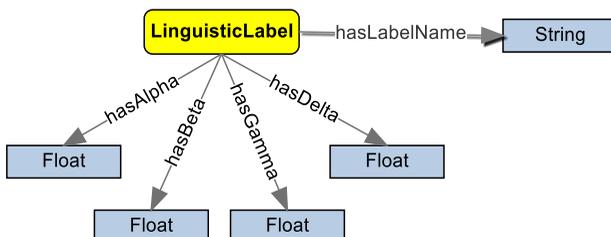
Gu *et al.* (2007), ainda, buscam apresentar uma metodologia para construção de ontologias difusas, determinando um grau difuso a ser representado na ontologia ao relacionar dois conceitos.

Ghorbel, Bahri e Bouazis (2009, 2010) destacam os conceitos das ontologias difusas a partir da ferramenta *Protégé*[®]. Os autores desenvolveram um *plug-in* chamado *Fuzzy Protégé*[®] adotando como estratégia a ênfase às definições de metaclasses para permitir a definição de funções de pertinência parametrizadas.

Com efeito, Bobillo *et al.* (2007) ao propor uma ontologia que pudesse enfrentar os desafios da vaguidade presente no *Balanced Scorecard*, introduziu uma classe chamada de *LinguisticLabel*, que procura representar uma variável linguística, ou seja, um conjunto difuso com uma função de pertinência determinada por uma função trapezoidal. Esta classe possui cinco propriedades de dados, que correspondem aos parâmetros da função trapezoidal (*alpha*, *beta*, *gamma* e *delta*), além da propriedade *LabelName* que identifica o label representado.

A Figura 13 demonstra a estrutura da classe *LinguisticLabel*.

Figura 13 – Representação de classe difusa



Fonte: Adaptado de Bobillo *et al.* (2007).

A partir desta estrutura proposta por Bobillo *et al.* (2007) é possível representar a vaguidade e a imprecisão presente no *Balanced Scorecard*, permitindo que a ontologia considere os diferentes níveis de pertinência de uma variável linguística.

2.4 A REPRESENTAÇÃO SEMÂNTICA DE INDICADORES E OS ESTUDOS RELACIONADOS

A temática da representação semântica e genérica de indicadores, de forma específica e explícita, não tem sido tratada de forma ostensiva pela literatura científica disponível. Em revisão sistemática realizada¹ nas bases *Scopus*, *Web of Science* e *IEEE*, com os termos em inglês “*indicator*” e “*semantic representation*”, poucos estudos puderam ser recuperados que pudessem representar de forma pontual esta temática. A base de dados *Scopus*² retornou o número de nove estudos, sendo seguida pela base *Web of Science*³, que recuperou quatro estudos. A

¹ Buscas realizadas em 06/05/2014, com atualização em 07/01/2016.

² Termos de busca utilizados: (TITLE-ABS-KEY(indicator*) AND TITLE-ABS-KEY("semantic representation"))

³ Termos de busca utilizados: (indicator* AND "semantic representation")

base de dados IEEE⁴, por sua vez, deixou de retornar qualquer estudo com os termos de busca aplicados.

A partir da realização das buscas nas três bases de dados internacionais, com os termos de busca especificados, obteve-se um universo de 13 estudos. Destes, cinco trabalhos eram duplicados e um trabalho não contava com seu texto completo disponível, restando um conjunto de sete trabalhos a serem analisados.

Após a leitura do texto completo dos sete estudos selecionados para análise, conclui-se que não estão disponíveis trabalhos que tratem explicitamente da representação semântica de indicadores, tampouco abordando as questões de sua vaguidade e imprecisão.

Apenas para exemplificar, um dos trabalhos recuperados é o de Capone (2007), que apresenta um estudo abordando a representação semântica de gestos para crianças, avaliando esta representação a partir de indicadores delimitados. Eberle *et al.* (2011), por sua vez, abordam a representação semântica de elementos textuais, aparecendo indicadores mais no sentido de anotação semântica do que de medida de desempenho, que seria o escopo desta tese. O trabalho de Hofmann *et al.* (2008), por outro lado, aborda uma pesquisa na área neurológica onde se avalia a representação semântica como uma das áreas cognitivas implicadas pelo experimento.

Ampliando-se o escopo das buscas, pode-se localizar estudos que tratam da temática de forma subjacente ou que não tenham sido indexados a partir dos termos pesquisados.

Denk e Grossmann (2010) apresentam estudo cujo objetivo é propor uma decomposição semântica da unidade de medida para descrição de informações numéricas, chamadas pelos autores de indicadores. Uma tarefa básica da gestão do conhecimento é o compartilhamento de informação, entretanto, para que isto ocorra, torna-se fundamental a compreensão destes números ou informações compartilhadas, mais especificamente sobre o que é representado pelo número e que unidade foi utilizada para a sua medida. Ainda de acordo com Denk e Grossmann (2010), algumas iniciativas para a padronização destas informações a serem compartilhadas já foram levadas a efeito, como a *Statistical Data and Metadata Exchange (SDMX)*, que consiste em um conjunto de padrões para a representação de indicadores,

⁴ Termos de busca utilizados: ((indicator*) AND "semantic representation")

especialmente na área econômica. Entretanto, esta padronização tem se mostrado distante da prática verificada nas organizações, especialmente no que se refere à descrição da unidade de medida, posto que esta unidade é utilizada pelo indicador também como forma de transporte de informações adicionais e importantes sobre o que se está representando.

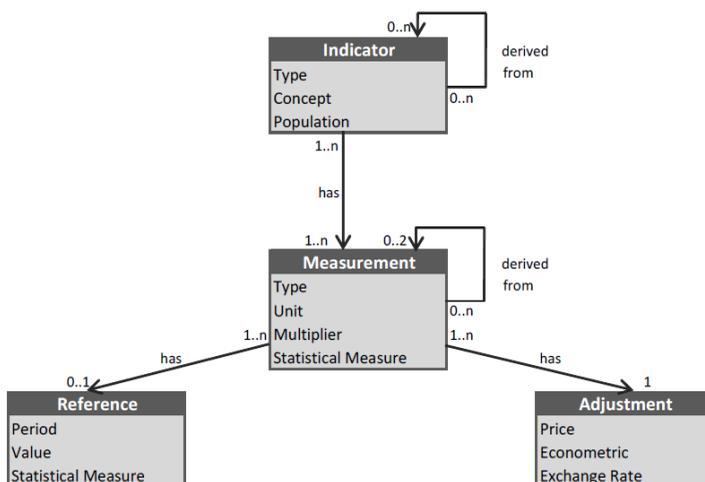
Diante desta situação, os autores apresentaram um modelo que busca decompor semanticamente um indicador, com foco na unidade de medida, em quatro componentes principais: **indicador**, **medida**, **referência** e **ajuste**.

Estes quatro componentes são assim compostos:

- **Indicador:** tipo, conceito e população.
- **Medida:** tipo, unidade, multiplicador de unidade, medida estatística e relações com os componentes referência e ajuste.
- **Referência:** período, valor e medida estatística.
- **Ajuste:** preço, econometria e taxa de câmbio.

A Figura 14 apresenta o modelo genérico de decomposição de indicadores proposto por Denk e Grossmann (2010).

Figura 14 – Modelo semântico para indicadores



Fonte: Denk e Grossmann (2010)

O modelo apresentado procura representar genericamente os indicadores e as unidades de medida, utilizando-se da recursividade para a representação de indicadores complexos.

Como o foco do modelo está na representação das unidades de medida, o indicador, em si, não se constitui parte desta unidade de medida, e é apresentado no modelo como uma espécie de cabeçalho dos dados a serem compartilhados. Os atributos “**tipo**”, “**conceito**” e “**população**” do componente “**indicador**” do modelo procuram representar as informações que garantirão a semântica dos dados.

O atributo “**tipo**” possui aqui uma peculiaridade no modelo proposto por Denk e Grossman (2010). Ele pode conter valores base ou derivados. Os valores base são aqueles obtidos a partir das quantidades que possam ser adquiridas a partir da medida direta. Já os valores do tipo derivados são aqueles valores obtidos a partir de valores bases sobre os quais são aplicadas operações aritméticas, como diferença, soma, média, etc. São exemplos de indicadores do tipo derivados a área, volume, velocidade, entre outros.

O atributo de “**conceito**” contém uma definição do indicador e o atributo “**população**” se refere a qual população o indicador pode ser aplicado.

O componente “**medida**” é descrito a partir de quatro atributos. O atributo “**tipo**” segue a mesma organização do atributo “tipo” do indicador, entretanto, neste contexto deve fornecer informações mais detalhadas. No caso de tipo derivado, espera-se uma especificação mais detalhada da fórmula utilizada. O atributo “**unidade**” fornece um detalhamento sobre a escala de medida utilizada. Os autores exemplificam este atributo afirmando que, para o caso de moedas ele pode indicar “euros” ou “dólares” (DENK; GROSSMAN, 2014). O atributo “**multiplicador**” possui uso específico na área econômica e indica em qual potência aritmética os dados estão elevados. Em outras palavras, se o campo contiver o número 3, indica que os dados estão indicados em milhares. O atributo “**medida estatística**” está reservado para as indicações estatísticas como somatório, média, entre outros.

O componente “**referência**” é composto de três atributos. O atributo “**período**” indica marcas de tempo em diferentes granularidades. O atributo “**valor**”, por sua vez, é utilizado para indicar os valores bases para o período de referência. O atributo “**medida estatística**” é similar àquele especificado no componente “medida”.

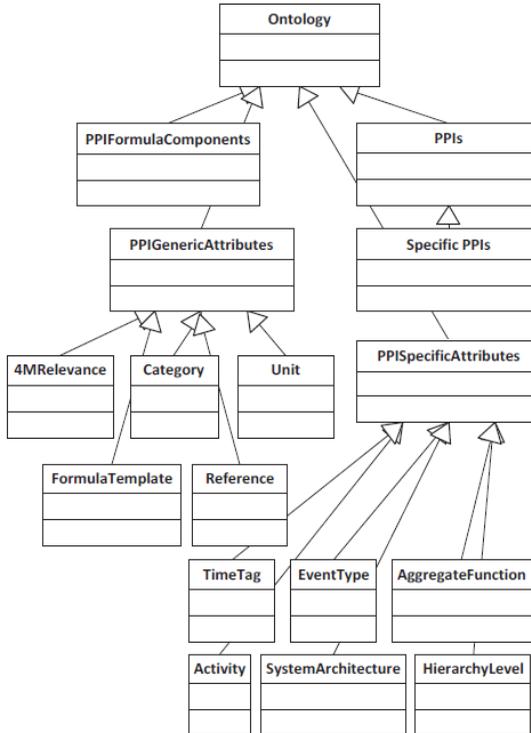
Por fim, o componente “**ajuste**” ocupa-se de capturar, como citam os autores, uma parte essencial da computação que é importante

para a correta compreensão da representação. Para eles, os atributos de “preço”, “econometria” e “taxa de câmbio” atendem uma gama de aplicações do modelo, entretanto, podem ser aumentados de acordo com as necessidades.

Pintzos *et al.* (2012), por sua vez, apresentam um modelo para representação e definição de indicadores no âmbito de ambientes industriais. Para os autores, os processos de decisão na indústria são baseados, essencialmente, em requisitos de desempenho, que por sua vez são representados por indicadores. Entretanto, também nesta área verifica-se a necessidade de homogeneização dos indicadores utilizados, uma vez que há diferenças nas definições e nos métodos de cálculo, o que dificulta sua análise e a consequente tomada de decisão a partir destes indicadores. Os autores propõem, então, um modelo de representação de indicadores de desempenho de produção (PPI – *Production Performance Indicator*) a partir de técnicas de representação do conhecimento, como as ontologias, que possibilite a padronização de suas definições, a anotação semântica e principalmente, que especifique os relacionamentos entre outros segmentos da organização e entre outros indicadores.

A Figura 15 apresenta o modelo proposto por Pintzos *et al.* (2012).

Figura 15 – Classes do modelo de representação de indicadores



Fonte: Pintzos *et al.* (2012)

A partir da Figura 15, observa-se que o modelo proposto é composto de quatro classes básicas, descritas como subclasses da superclasse “**ontology**”, ou como chamada pelo autor, “*Manufacturing PPIs Ontology*”. Estas subclasses são: PPI, Componentes da Fórmula do PPI (*PPI Formula Components*), Atributos Genéricos do PPI (*PPI Generic Attributes*) e Atributos Específicos do PPI (*PPI Specific Attributes*).

A subclasse “**PPI**” contém todos os Indicadores de Desempenho de Produção (*Production Performance Indicator - PPI*) descritos, constituindo-se no núcleo básico do modelo. Esta classe contém como “PPIs Específicos” (*Specific PPIs*) como sua subclasse. Desta forma,

todos os PPIs descritos no modelo são feitos como instâncias da classe PPI's.

A subclasse “**Componentes da Fórmula do PPI**” é responsável por representar as métricas que constituem o cálculo da fórmula de um PPI genérico ou específico. Em razão de suas características particulares e por não herdar os atributos de outras classes, foi então descrita como uma classe isolada e não como subclasse de “PPI”, por exemplo.

A subclasse “**Atributos genéricos do PPI**” possui como suas subclasses todos os atributos genéricos descritos pelo modelo: “4MRelevance”, “*Category*”, “Unit”, “Formula Template”, “Reference”. Cada atributo genérico é constituído dos valores que lhes são próprios, como por exemplo, o atributo genérico “*Category*” inclui custo, tempo, qualidade e flexibilidade, sendo definidos como instâncias desta classe.

A subclasse “**Atributos específicos do PPI**” conta com seus atributos específicos como suas subclasses: “Time Tag”, “Event Type”, “Aggregate Function”, “Activity”, “System Architecture”, “Hierarchy Level”.

Algumas restrições são aplicadas ao modelo através da linguagem OWL, descrevendo, por exemplo, as classes de instâncias que devem ter pelo menos um relacionamento com uma propriedade específica. Estas restrições são aplicadas pelas propriedades “*hasReference*” ou “*hasReference exactly 1 Reference*”. Esta última descreve todas as instâncias de PPI que tenham exatamente um relacionamento através da propriedade “*hasReference*” com uma instância que é membro da classe “*Reference*”, permitindo a restrição de que cada PPI tenha exatamente uma referência.

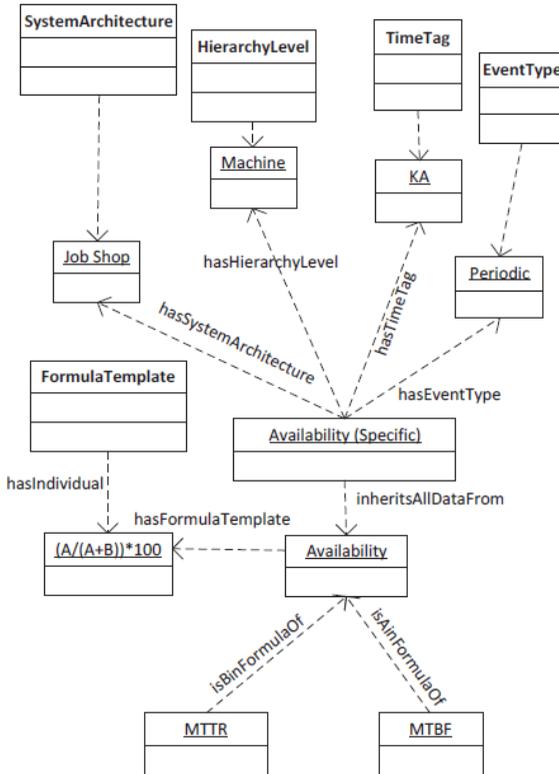
Outro aspecto importante a ser observado trata-se dos relacionamentos com outras PPI's do modelo. Este relacionamento é expresso a partir da propriedade “*givesDataTo*” e “*takesDataFrom*”, representando o relacionamento através do compartilhamento de dados entre os indicadores.

A temporalidade foi contemplada no modelo através do atributo “*Time Tag*”. Pintzos *et al.* (2012) afirmam que uma das potencialidades do modelo é a possibilidade de combinar o desempenho passado com a análise do presente, permitindo a previsão do futuro. Para isso, inseriram o atributo “*Time Tag*”, que poderá conter os valores “KA” (*Knowledge-Awareness*) ou “AP” (*Awareness-Prediction*). Assim, um PPI que contiver uma “*time tag*” com o valor “KA” estará usando dados originários em conhecimento do passado. Estes valores são instanciados

e cada PPI é conectado com uma “time tag” através da propriedade “hasTimeTag”.

A Figura 16 apresenta o indicador específico de disponibilidade (*availability*) modelado através da ontologia proposta.

Figura 16 – Exemplo de indicador modelado



Fonte: Pintzos *et al.* (2012)

Em estudo posterior, Pintzos *et al.* (2013) apresentam proposta de modelagem de indicadores a partir de três camadas: genérica, específica e de instância, permitindo a melhor definição destes indicadores e a sua utilização em todos os níveis da organização.

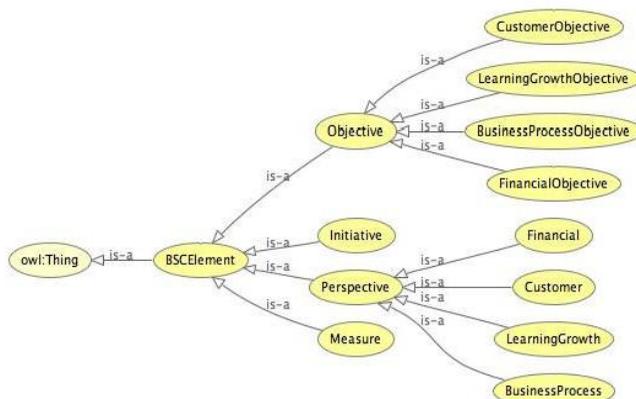
Um grupo de pesquisadores voltam suas atenções à representação semântica do *Balanced Scorecard* (BSC). O BSC é uma ferramenta de

apoio à decisão em nível de gestão estratégica e utiliza-se de variáveis, ou indicadores, para a medição dos diferentes aspectos organizacionais que compõem as metas estabelecidas em direção ao cumprimento dos objetivos estratégicos (KAPLAN; NORTON, 1992) e a definição das relações entre estas metas de desempenho a partir de quatro diferentes perspectivas da organização: financeira, cliente, processos de negócio internos e inovação e aprendizado. Uma vez que estejam definidos estes objetivos e metas, definem-se no âmbito do BSC como elas serão medidas. Estas métricas são os indicadores chave de desempenho (NAVARRO-HERNANDEZ *et al.*, 2006).

Dentre este grupo de trabalhos que procuram representar semanticamente o BSC encontram-se Navarro-Hernandez *et al.* (2006) e Bobillo *et al.* (2009).

Em seu estudo, Navarro-Hernandez *et al.* (2006) afirmam que o BSC tem se tornado um mecanismo de gestão estratégica dominante e adotado amplamente pelas organizações. Afirmam também haver inconsistências para aplicação do BSC para o domínio de modelos de negócios, razão pela qual propõem um modelo ontológico para representação do BSC e sua ligação com estes modelos de negócios (Figura 17).

Figura 17 – Ontologia do *Balanced Scorecard*



Fonte: Navarro-Hernandez (2006)

A ontologia demonstrada na Figura 17 procura representar a organização do BSC e permitir, de acordo com os autores, a integração semântica através de um modelo conceitual.

Este trabalho não modela indicadores propriamente ditos, mas sim um *framework* de avaliação de desempenho que se utiliza de indicadores para a avaliação do atendimento dos objetivos propostos.

Neste mesmo sentido estão os trabalhos de Bobillo *et al.* (2007) e Bobillo *et al.* (2009). Os autores propõem um sistema especialista baseado em semântica e lógica difusa (Figura 18) que implementa um *framework* genérico para o *Balanced Scorecard* (BSC). Segundo eles, as variáveis que são medidas (indicadores) em um BSC possuem vaguidade associada, apesar de estarem representadas por valores numéricos. Para os autores, é muito mais natural se referir aos valores atribuídos a elas através de rótulos linguísticos do que por estes valores numéricos. Inclusive, nos casos em que a vaguidade não esteja presente, a graduação destas variáveis poderia enriquecer sua expressividade (DUBOIS *et al.*, 2005).

Além disso, estas variáveis não possuem uma representação explícita de sua semântica (BOBILLO *et al.*, 2009).

Como forma de propor solução às limitações apresentadas, os autores procuraram representar o BSC através de uma ontologia, que permite adicionar-lhe semântica e torna facilitada a tarefa de manutenção da base de conhecimento, bem como a reutilização de seus componentes entre diferentes organizações. Para o tratamento da vaguidade dos indicadores, propõem a utilização da lógica difusa, que já demonstrou ser eficaz no tratamento de imprecisão e vaguidade.

O sistema especialista proposto por Bibillo *et al.* (2009) é composto por uma ontologia, que é responsável pela manutenção da base de conhecimento e por um sistema de inferência, que se ocupa da avaliação dos valores das variáveis de saída.

A ontologia desenvolvida foi chamada de fBSCO (*Fuzzy Balanced ScoreCard Ontology*) e tem por objetivo representar as variáveis do BSC e as expressões linguísticas que podem ser associadas a cada uma delas. Para o desenvolvimento desta ontologia foram utilizados a ferramenta *Protégé*[®], com o *plug-in* OWL, a partir da metodologia *Methontology* (Gómez-Pérez, 1998).

A fBSCO, então, contempla duas classes principais: “LinguisticLabel” e “SimeVariable”.

A classe “LinguisticLabel” representa as expressões linguísticas, um conjunto difuso com uma função de pertinência do tipo trapezoidal.

Esta classe contém quatro propriedades do tipo *datatype*, correspondendo aos parâmetros da função de pertinência (*alpha*, *beta*, *gamma* e *delta*), e também uma propriedade de texto (*text property*) chamada “labelname”.

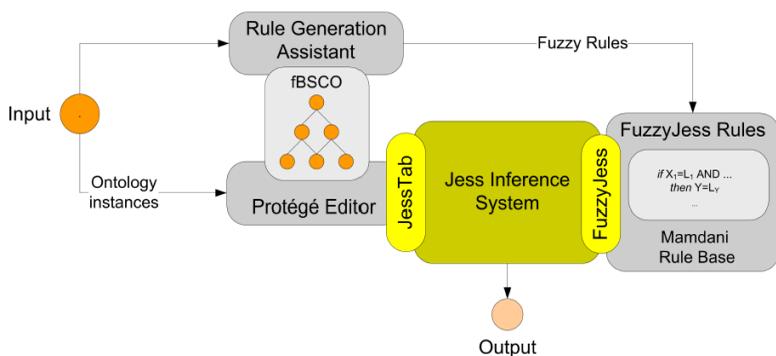
A classe “SimeVariable” contém as variáveis organizadas a partir de dois critérios:

- **Perspective:** Customer-Perspective, Environmental Perspective, Financial Perspective, Innovation Perspective, Production Processes Perspective, Quality Perspective, Staff Perspective e Vendor Perspective. StaffPerspective é compreendida por: Composition, Background, LabourEnvironment, Leadership, Salary, Security and Stability.
- **Variable:** InputVariable, IntermediateVariable and OutputVariable.

Em seu estudo de 2009, Bobillo *et al.* (2009) apresentam 183 variáveis ou indicadores organizados em oito perspectivas, constituindo-se em uma versão expandida do BSC obtida a partir da literatura recente do tema.

A Figura 18 apresenta a arquitetura do sistema especialista proposto pelos autores.

Figura 18 – Arquitetura do sistema especialista



Fonte: Bobillo *et al.* 2007; Bobillo *et al.*, 2009

O sistema de inferência necessita de uma base de conhecimento devidamente populada. Para isto, os autores contaram com a ajuda de

especialistas de domínio que definiram os valores para as expressões linguísticas, criando-se instâncias da fBSCO e as regras difusas para o cálculo dos valores de saída.

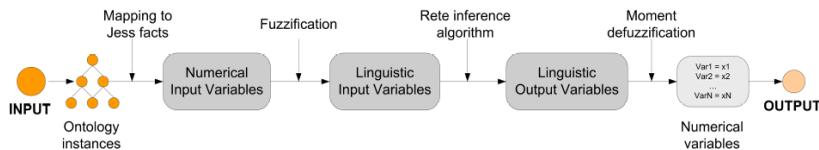
A implementação foi realizada utilizando-se Jess, FuzzyJess e JessTab. O Jess é um *script shell* para construção de sistemas especialistas baseado em regras e inteiramente desenvolvido em Java[®]. FuzzyJess é uma extensão de Jess que permite o uso de regras difusas. JessTab é um *plug-in* para Protégé[®] que permite a integração com Jess, possibilitando que o motor de inferência do Jess seja executado dentro do *framework* Protégé[®] e permitindo a criação de uma base de conhecimento nele a partir de programas e regras Jess.

A base de regras contém regras difusas Mamdani, que se utiliza da estrutura “IF... IS... AND” e permite que os próprios usuários interpretem sua semântica de uma forma bastante facilitada.

O assistente de geração de regras (*rule generation assistant*) é uma ferramenta semiautomática que auxilia os usuários no processo de definição de regras, permitindo que ele navegue através da ontologia e seleciona as variáveis para a criação das regras.

A Figura 19 apresenta um esquema do módulo de inferência da solução apresentada por Bobillo (2009).

Figura 19 – Módulo de inferência



Fonte: Bobillo *et al.* 2007; Bobillo *et al.*, 2009

No que se refere ao sistema de inferência, os autores afirmam que as instâncias da ontologia são convertidas em fatos na base de conhecimento utilizando-se a função *mapclass* do JessTab. Então cada uma das entradas passa pelo processo de “fuzzificação”, fazendo coincidir seu valor numérico com o valor correspondente nas expressões linguísticas. Ato contínuo, o algoritmo de inferência é executado de modo que os valores encontrados possam disparar algumas regras e calcular as variáveis de saída que são, finalmente, “defuzzificadas” para

Este esquema apresentado pelos autores é baseado na metodologia de representação do conhecimento através de esquemas pré-conceituais, que são ferramentas usadas para representação gráfica e computacional de um domínio (ROJAS; JARAMILLO, 2013).

Molina *et al.* (2004), por sua vez, apresentam um modelo conceitual para a representação de indicadores com foco em avaliação de desempenho de *software* (Figura 21). No estudo, os autores afirmam que a qualidade tem sido um desafio a ser enfrentado tanto pela engenharia de software quanto pela área de engenharia web. Para contribuir com esta discussão apresentam um sistema web de catalogação, que por sua vez permite aos usuários a consulta, recuperação e reuso de mecanismos como metadados sobre indicadores e métricas de *software*.

Como parte de seu estudo, os autores apresentam um modelo conceitual para estas métricas e indicadores, representado pela Figura 21. Este modelo conceitual especifica as classes principais, atributos e relacionamentos entre indicadores e métricas.

No modelo proposto são apresentadas, inicialmente, as classes “*Entity*”, “*Attribute*” e “*CalculableConcept*”. Para os autores, do ponto de vista do processo de medição, a seleção ou a definição dos atributos apropriados e indicadores para tratar uma necessidade de informação deve iniciar pela especificação de um conceito calculável a ser avaliado ou estimado. A classe “*Entity*” representa um objetivo tangível ou intangível que possa ser observado no mundo real. A classe “*Attribute*” designa uma propriedade física ou abstrata mensurável de uma entidade.

Por fim, Diamantini, Potena e Storti (2016) desenvolveram um estudo que tinha por objetivo apresentar um novo framework semântico para a representação de indicadores de desempenho que possibilitasse a construção e a manutenção de um dicionário de indicadores. O foco do modelo apresentado pelos autores é a explicitação lógica das fórmulas e cálculos matemáticos que definem um indicador de desempenho.

No modelo, os autores apresentam a classe “Indicator”. Esta classe é ligada a outras cinco através das propriedades específicas. São elas: “Dimension”, “BusinessObject”, “UnitOfMeasure”, “AggregationFuncion” e “Formula”. A classe “Formula” é chave na abordagem dos autores, uma vez que permite a explicitação da semântica computacional de um indicador.

O tempo é representado através da classe “Dimension”, sendo considerado uma dimensão de um indicador de desempenho. Os autores citam as granularidades: anos, semestres, bimestres, meses e semanas.

Como forma de facilitar a compreensão das propostas identificadas na literatura e suas correlações com o objeto desta tese, apresenta-se o Quadro 1 a seguir, comparando-as a partir de aspectos de interesse deste estudo. A partir deste quadro pode-se evidenciar a inexistência de modelos que contemplem os objetivos propostos nesta tese, qual seja, a representação semântica de indicadores de desempenho, considerando aspectos de vaguidade, imprecisão, temporalidade e relacionamento entre indicadores.

Quadro 1 – Comparativo entre os estudos relacionados

Estudo	Objetivo	Representação	Vaguidade e Imprecisão	Tempo	Relacionamento entre indicadores
Denk e Grossman (2010)	Decomposição semântica de unidade de medida em indicadores	Ontologia	Não trata	Não trata	Derivação de indicadores com recursividade
Pintzos <i>et al</i> (2012)	Indicadores em ambientes industriais (PPI – <i>Production Performance Indicator</i>)	Ontologia	Não trata	Atributo “Time Tag” para registrar o tempo com valores de “KA” ou “AP”, isto é, conhecimento passado ou previsto/futuro.	Propriedades “givesDataTo” e “takesDataFrom” da classe PPI, que representa os indicadores
Pintzos <i>et al</i> (2013)	Representação semântica do BSC	Ontologia	Não trata	Atributo “Time Tag”	Propriedades “givesDataTo” e “takesDataFrom”
Navarro-Hernandez (2006)	Representação ontológica do BSC e sua correlação com modelos de negócio	Ontologia	Não trata	Não trata	Não trata
Bobillo <i>et al</i> (2007; 2009)	Sistema especialista baseado em semântica e lógica difusa para representação do BSC	Ontologia	Lógica difusa	Não trata	Não trata
Rojas e Jaramillo	Representação de	Esquema pré-	Não trata	Propriedade	Não trata

Estudo	Objetivo	Representação	Vaguidade e Imprecisão	Tempo	Relacionamento entre indicadores
(2013)	indicadores chaves de desempenho (KPI)	conceitual		“measurement date”	
Molina <i>et al</i> (2004)	Modelo conceitual para representação de indicadores de avaliação de desempenho de software	Ontologia e UML	Não trata	Não trata	Não trata
Trokanas <i>et al</i> (2013)	Sistematização de métricas ambientais para o conceito de indústria simbiótica	Ontologia	Não trata	Não trata	Não trata
Diamantini, Potena e Storti (2016)	Representação de indicadores com foco na explicitação do cálculo matemático	Ontologia	Não trata	Classe “Dimension”	Através da explicitação das fórmulas que envolvem outros indicadores

Fonte: O autor.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando-se o referencial teórico apresentado, passamos a realizar algumas considerações acerca das ferramentas, técnicas e metodologias que melhor atendem aos propósitos deste estudo.

Como se viu, as medidas de desempenho são amplamente utilizadas nas organizações, quer seja para a aferição de seu desempenho internamente, quer seja para a sua comparação externa. Para fazer face a estes processos, diversas metodologias são disponibilizadas pela literatura, sendo todas constituídas de conjuntos de indicadores.

Estes indicadores são considerados nesta tese de acordo com a definição de Duarte (2011, p. 26), sendo “informações quantitativas ou qualitativas que representam o resultado de uma ou mais medidas relacionadas a um determinado processo, incluindo suas entradas e saídas”. Esta definição parece traduzir melhor a proposta deste estudo porque considera o indicador como sendo um número, exato e objetivo, mas também como sendo uma variável linguística, que pode ser representada utilizando-se a lógica difusa e as demais técnicas estudadas neste trabalho.

Desta forma, para fazer face aos objetivos deste estudo, empregou-se métodos e técnicas de engenharia do conhecimento, especialmente as ontologias, para a representação semântica de indicadores, e a lógica difusa, utilizada para tratar a vaguidade e a imprecisão reconhecidas na literatura quando da representação destes indicadores.

O desenvolvimento da ontologia se deu através da metodologia OntoKEM, uma vez que é metodologia desenvolvida no âmbito do próprio Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, sendo de fácil compreensão e com ferramentas para apoio à construção de ontologias a partir de suas premissas.

Durante o processo de construção da ontologia para a representação semântica de indicadores e que lidasse com as características de vaguidade e imprecisão, optou-se por reutilizar o conceito de ontologia difusa apresentado por Bobillo *et al* (2007), por ser a mais promissora daquelas relacionadas no referencial teórico. A proposta dos autores possibilita a representação da vaguidade e imprecisão presentes nos indicadores representados correlacionando-os aos diferentes níveis de pertinência de uma variável linguística. Esta técnica aproxima-se muito, e de forma bastante objetiva, da teoria de

lógica difusa, tornando fácil a sua compreensão bem como a sua implementação futura.

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa classifica-se, de acordo com Cupani (2011) e Vargas (1985) como pesquisa tecnológica, posto que se ocupa em desenvolver artefatos, entendidos aqui não apenas como produtos físicos, concretos, mas também intelectuais, que visem o controle da realidade. Esta modalidade de pesquisa é pautada pela tarefa que se propõe solucionar, tendo mais liberdade metodológica posto que a pesquisa tecnológica tem como produto, invariavelmente, o desenvolvimento de uma nova tecnologia.

É também classificada, conforme Wazlawick (2010), como de natureza original porque busca apresentar conhecimento novo a partir de observações e teorias construídas para explicá-lo. Em relação aos objetivos, ela é classificada como exploratória porque não pretende descrever os fatos, nem buscar suas causas e explicações, mas sim proporcionar maior familiaridade com o problema (GIL, 2008).

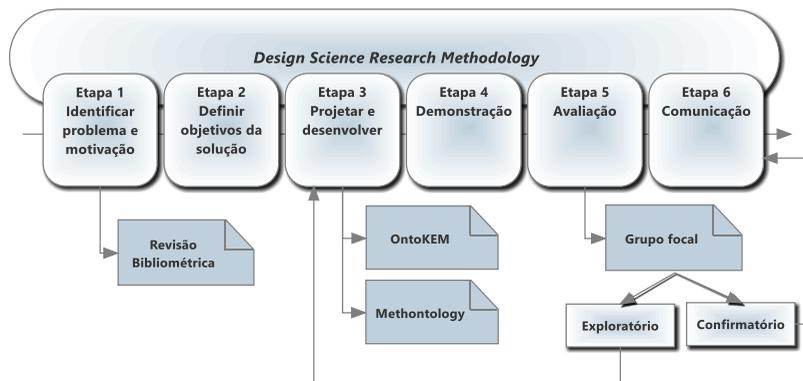
A metodologia definida para o desenvolvimento deste trabalho foi a *Design Science Research Methodology* (DSRM), que é composta por seis etapas, cada uma delas compreendendo uma importante fase do desenvolvimento da pesquisa. A escolha da metodologia se deu em razão de que a DSRM possui seu foco central nas pesquisas tecnológicas, amparando todas as etapas de seu desenvolvimento, desde a sua concepção até o processo de comunicação de seus resultados.

Durante a execução destas etapas, a pesquisa apoiou-se em outras metodologias e métodos disponíveis na literatura para a construção do modelo, tais como Revisão Bibliométrica, Metodologia OntoKEM e Methontology.

A etapa de avaliação do artefato construído a partir da *Design Science Research Methodology* se deu através do uso de grupos focais.

Os recursos metodológicos empregados para o desenvolvimento desta tese estão sintetizados na Figura 22.

Figura 22 – Metodologias empregadas para o desenvolvimento da tese



Fonte: O autor.

As seções a seguir procuram, então, trazer o embasamento teórico acerca das metodologias escolhidas para o desenvolvimento desta tese, inicialmente discorrendo sobre a pesquisa tecnológica, seguindo-se pela metodologia *Design Science*, e pelas demais utilizadas para a complementação do trabalho.

3.1 PESQUISA TECNOLÓGICA

A chamada pesquisa tecnológica vem ganhando cada vez mais espaço na academia, especialmente em áreas como engenharia e informática, campos do saber humano que se ocupam principalmente com o desenvolvimento de novos artefatos nem sempre baseados no conhecimento científico clássico (FREITAS JUNIOR *et al.*, 2014).

A partir desta constatação, torna-se necessário conceituar a pesquisa tecnológica.

Cupani (2006) afirma que a tecnologia não pode ser considerada, mera e simplesmente, a aplicação do conhecimento científico exatamente pelo fato de que, muitos dos seus resultados não advieram da ciência clássica.

O conhecimento científico, em primeira análise, diferencia-se do conhecimento tecnológico a partir da constatação de que o primeiro

propõe teorias de aplicação ampla, enquanto que o segundo é responsável pela geração de teorias bastante restritas, cujo foco é a solução de problemas pontuais e específicos.

Assim, temos a definição de Bunge (1985, p. 231), que ensina que a tecnologia pode ser vista como “o campo do conhecimento relativo ao projeto de artefatos e ao planejamento de sua realização, operação, ajuste, manutenção e monitoramento, à luz do conhecimento científico”.

O artefato, para ele, não é necessariamente uma “coisa”, mas pode ser considerado uma modificação do estado de um sistema natural (como o desvio do curso de um rio), a modificação de um sistema através de uma mudança artificial (como quando se ensina uma pessoa a ler), pode ser algo social (como a organização de uma equipe esportiva), ou ainda o resultado de um serviço (como os cuidados a pacientes).

Assim, torna-se claro que a pesquisa tecnológica objetiva a solução de problemas específicos e pontuais, tendo foco no artefato a ser desenvolvido, lembrando-se de que este artefato não necessariamente será algo material, mas um projeto ou uma intervenção artificial sobre um sistema.

Por outro lado, temos que o conhecimento científico é limitado pela teoria, enquanto que o conhecimento tecnológico é limitado pela tarefa (FREITAS JUNIOR, 2014; CUPANI, 2006), evidenciando a principal diferença entre as duas formas de pesquisa.

Cupani (2006) afirma ainda que a tecnologia é atividade dirigida à produção de algo novo e não ao descobrimento de algo já existente, lembrando que por esta razão, a tecnologia deve lidar com aspectos nem sempre relevantes para a pesquisa científica, tais como a factibilidade, confiabilidade, eficiência e a relação custo-benefício.

Freitas Junior *et al* 2014, ao procurarem diferenciar a pesquisa científica e tecnológica, apresentaram as principais características destas duas formas de pesquisa, conforme demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Pesquisa Científica e Pesquisa Tecnológica

Característica	Pesquisa Científica	Pesquisa Tecnológica
Definição	Conhecimento da natureza e exploração desse conhecimento (KNELLER, 1980).	"O estudo científico do artificial". "Tecnologia pode ser vista como o campo do conhecimento relativo

		ao projeto de artefatos e ao planejamento de sua realização, operação, ajuste, manutenção e monitoramento, a luz do conhecimento científico." (BUNGE, 1985).
Teorias	Ampla abrangência e uso de idealizações, o que obriga a adaptar o conhecimento científico para possibilitar sua aplicação (CUPANI, 2006).	Aplicação limitada, pois o conhecimento tecnológico é específico para uma determinada tarefa. Dois tipos: substantivas (conhecimento sobre a ação tecnológica) e operativas (conhecimento sobre as ações de que dependem o funcionamento dos artefatos) (CUPANI, 2006).
Resultado	Descoberto algo existente. O produto é neutro (nem bom nem mau) (CUPANI, 2006; CUPANI, 2011).	Criação de algo novo. O produto não é nem pode ser neutro. É, no mínimo, ambivalente (CUPANI, 2006; CUPANI, 2011).
Conhecimento	Descritivo (CUPANI, 2006)	Prescritivo. Específico. Peculiar. Conhecimento tácito, do saber-como (CUPANI, 2006; CUPANI, 2011).
Desafios		Factibilidade, confiabilidade, eficiência dos inventos,

		relação custo-benefício (CUPANI, 2006).
Limitação	Ditada pela teoria. Pode-se explorar livremente as possibilidades (CUPANI, 2006; CUPANI, 2011).	Ditada pela tarefa imposta (CUPANI, 2006).
Origem dos dados	Científicos (CUPANI, 2006).	Experiência não científica (CUPANI, 2006). Dados relativos às exigências (técnicas, econômicas, culturais) que o artefato deve satisfazer (CUPANI, 2011).
Tipos de leis	Leis que governam os fenômenos naturais (CUPANI, 2006).	Regras de ação para dar origem aos fenômenos artificiais (CUPANI, 2006).
Pensamento	Abstrato e verbal (CUPANI, 2006).	Analgógico e visual (CUPANI, 2006).
Origens das variáveis	Não específico (CUPANI, 2006).	Metas a alcançar (CUPANI, 2006).
Objetivos dos experimentos	Entender a realidade (CUPANI, 2006).	Conhecimento prático: "o artefato funcionará?", "haverá, acaso, fatores não previstos teoricamente que serão detectados experimentalmente?" (CUPANI, 2006). Controlar a realidade (CUPANI, 2006).
Explicações	Causais (CUPANI, 2006).	Funcionais (CUPANI, 2006).
Noção de conhecimento	Muda de acordo com as teorias (CUPANI, 2006).	Admitem apreciação de sua verdade ou falsidade, podendo-se afirmar que o artefato desempenha bem ou

		mal sua função. Superior em relação ao científico por sua certeza e eficácia (CUPANI, 2006).
Mudança de paradigma	Implica em muito exame e discussão (CUPANI, 2011).	Ocorre devido a anomalias funcionais ou presumíveis. A necessidade da mudança é percebida mais diretamente (CUPANI, 2011).
Revoluções	Inovadoras e eliminatórias (CUPANI, 2011).	Não implicam necessariamente em uma seleção radical, não supõem forçosamente uma nova comunidade e são compatíveis com a continuidade da tecnologia "normal" (CUPANI, 2011).

Fonte: FREITAS JUNIOR *et al*, 2014.

Com base no quadro apresentado, pode-se concluir que a pesquisa tecnológica se configura pelo estudo científico do artificial, de teorias cujas aplicações são extremamente limitadas, sendo específicas para determinada tarefa. O resultado deste tipo de pesquisa é, via de regra, a criação de algo novo, e o tipo de conhecimento empregado é do tipo prescritivo, específico, peculiar, tácito ou como afirma Cupani (2011), conhecimento do saber-como. A pesquisa tecnologia também deve enfrentar desafios de factibilidade, confiabilidade, eficiência dos inventos e observar a relação custo-benefício. Os dados que embasam o seu desenvolvimento nem sempre são científicos, mas oriundos das exigências (técnicas, econômicas e culturais) que o artefato deve satisfazer.

Apesar das características peculiares da pesquisa tecnológica, a literatura disponível é pontual em evidenciar a relação de influências existente entre ela e a pesquisa científica. Vargas (1985) afirma que a diferença entre elas é gradual e os limites muitas vezes imprecisos, não

havendo uma linha demarcatória que possa definir claramente onde termina uma e onde começa a outra.

A pesquisa tecnológica, portanto, deve valer-se cada vez mais de enunciados e métodos científicos para dar-lhe a segurança necessária para o avanço consciente da inovação e da própria tecnologia (FREITAS JUNIOR *et al.*, 2014).

Neste aspecto, apresentamos na seção a seguir os princípios e fundamentos de *Design Science*, empregados nesta tese como metodologia norteadora do desenvolvimento desta pesquisa tecnológica.

3.2 DESIGN SCIENCE RESEARCH METHODOLOGY (DSRM)

A Metodologia de Pesquisa da Ciência do *Design* (*Design Science Research Methodology*) tem sua origem na diferenciação entre os ambientes naturais e artificiais proposta em 1969 por Herbert Simon (1969, 1996). Para o autor, a ciência natural seria aquela que se ocupa de descrever e ensinar como os fenômenos naturais funcionam, interagem com o mundo.

Entretanto, em contraponto ao mundo natural, Simon (1996) apresenta uma discussão acerca da necessidade, igualmente, de se estudar o universo daquilo que é considerado “artificial”, afirmando que as “ciências do artificial se ocupam da concepção de artefatos que realizem objetivos” (SIMON, 1996, p. 198).

Neste contexto então nasce o que chamou de *Design Science*, ou Ciência de Projeto. Segundo ele, ao projeto cabe aspectos de “o que” e “como” as coisas devam ser, e especialmente a concepção de artefatos que tenham por propósito a realização de objetivos.

Tem-se então que, segundo Lacerda *et al.* (2013) que a *Design Science* é a base epistemológica e a *Design Science Research* é o método que operacionaliza a construção do conhecimento neste contexto. Para Çağdaş e Stubkjær (2011) a “*Design Science Research* se constitui em um processo rigoroso de projetar artefatos para resolver problemas, avaliar o que foi projetado ou o que está funcionando, e comunicar os resultados obtidos”.

Estes artefatos podem ser, segundo March e Smith (1995):

- **Constructos:** conceitos que formam o vocabulário de um domínio, definindo os termos usados para descrever e pensar sobre as tarefas.

- **Modelos:** conjunto de proposições que expressam as reações entre os diversos conceitos de um domínio.
- **Métodos:** conjunto de passos usados para executar determinada tarefa.
- **Instanciações:** é a concretização de um artefato em seu ambiente, demonstrando a viabilidade e a eficácia dos modelos e métodos.

Assim como definido em pesquisa tecnológica, o artefato previsto pela *Design Science Research* não necessariamente é um objeto concreto, mas um constructo, um modelo ou mesmo um método.

A DSRM, segundo Peffers *et al.* (2007), é desenvolvida a partir de seis etapas procedurais, que são sugeridas na ordem especificada na Figura 23, mas que podem ser executadas de acordo com a necessidade de projeto:

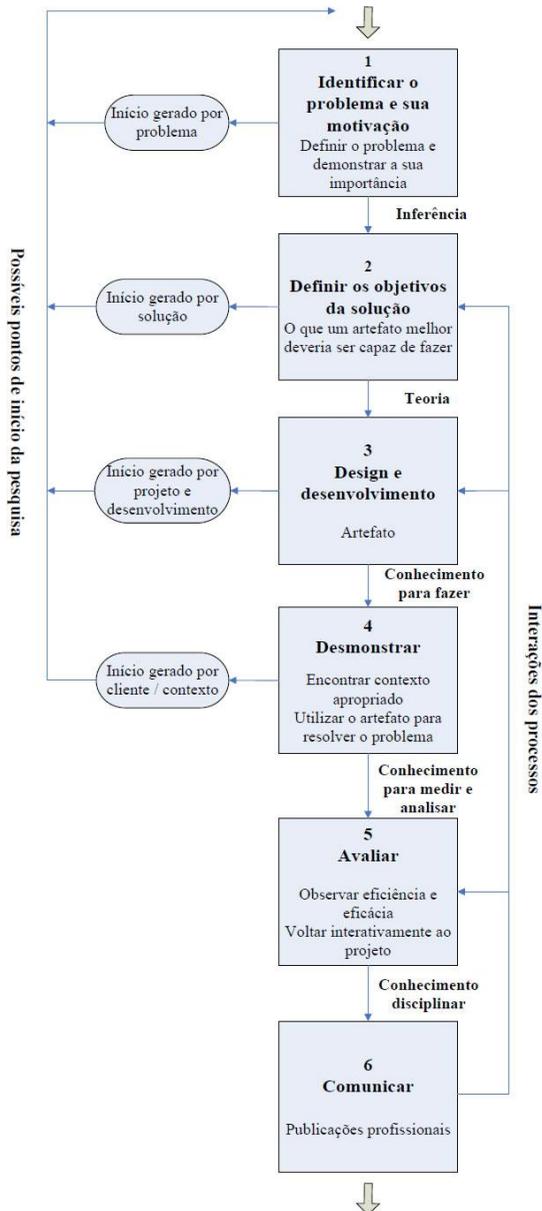
- **Etapa 1 - Identificação do problema e sua motivação:** esta etapa é dedicada à definição do problema de pesquisa específico, apresentando-se uma justificativa para a sua investigação. É importante que a definição deste problema seja empregada na construção de um artefato que pode efetivamente oferecer a solução para este problema. Tem-se como recursos necessários para esta etapa o estado da arte do problema e da relevância da solução apresentada.
- **Etapa 2 - Definição dos objetivos para a solução:** tendo-se como ponto de partida o conhecimento acerca do problema, bem como a noção do que é viável e factível, delineiam-se os objetivos da solução a ser desenvolvida. Elencam-se como requisitos desta etapa novamente o estado da arte do problema e o conhecimento das possíveis soluções já previamente apresentadas.
- **Etapa 3 - Projetar e desenvolver:** etapa destinada à criação do artefato, determinando-se a sua funcionalidade desejada para o artefato, sua arquitetura e em seguida a criação do próprio artefato. Os recursos necessários para a terceira etapa compreendem o conhecimento da teoria que pode ser exercida em uma solução.
- **Etapa 4 – Demonstração:** momento de demonstração do uso do artefato resolvendo uma ou mais instâncias do problema por meio de um experimento ou simulação, estudo de caso,

prova formal ou outra atividade apropriada. Os recursos relacionados para esta etapa incluem o conhecimento efetivo de como usar o artefato para resolver o problema.

- **Etapa 5 – Avaliação:** nesta etapa deve-se observar e mensurar como o artefato atende à solução do problema, comparando-se os objetivos propostos para a solução com os resultados advindos da utilização do artefato. Nesta etapa pode-se definir pela recursividade da metodologia, isto é, o retorno às etapas 3 ou 4, de modo a aprimorar o artefato.
- **Etapa 6 – Comunicação:** momento de divulgação do problema e da relevância da propositura de uma solução para o mesmo, além da apresentação do artefato desenvolvido.

A Figura 23 detalha a sequência metodológica da *Design Science Research Methodology*.

Figura 23 – *Design Science Research Methodology*



Fonte: Jappur, 2014

A tarefa de avaliação da solução proposta tem recebido especial atenção da literatura específica de *Design Science*.

Lacerda *et al.* (2013) destacam que, para aumentar a confiabilidade nos resultados da pesquisa, é necessário um conjunto de cuidados e procedimentos especiais para o processo de avaliação.

Hevner, March e Park (2004, p. 86), apresentam alguns métodos que podem ser empregados para a avaliação dos artefatos desenvolvidos a partir da metodologia *Design Science*. Para os autores, a avaliação chamada de “descritiva” pode ser um dos métodos a ser empregado, com duas possibilidades de variações: “argumento informado” ou “cenários”. No caso da avaliação descritiva por argumento informado, temos como base a informação das bases de conhecimento, como por exemplo das pesquisas relevantes, para a construção de um argumento que sustente de forma convincente a utilidade do artefato. Já a avaliação descritiva por cenários consiste na demonstração de utilidade do artefato através de sua inserção em um cenário simulado construído para esta finalidade.

Outros métodos de avaliação discutidos pela literatura são demonstrados no Quadro 3.

Quadro 3 – Métodos de avaliação em *Design Science*

Forma de Avaliação	Métodos propostos
Observacional	Estudo de Caso: Estudar o artefato existente, ou não, em profundidade no ambiente de negócios. Estudo de Campo: Monitorar o uso do artefato em projetos múltiplos. Esses estudos podem, inclusive, fornecer uma avaliação mais ampla do funcionamento dos artefatos configurando, dessa forma, um método misto de condução da pesquisa.
Analítico	Análise Estatística: Examinar a estrutura do artefato para qualidades estáticas. Análise da Arquitetura: Estudar o encaixe do artefato na arquitetura técnica do sistema técnico geral. Otimização: Demonstrar as propriedades ótimas inerentes ao artefato ou então demonstrar os limites de otimização no comportamento do artefato. Análise Dinâmica: Estudar o artefato durante o uso para avaliar suas qualidades dinâmicas (por exemplo, desempenho).
Experimental	Experimento Controlado: Estudar o artefato em um ambiente controlado para verificar suas qualidades (por exemplo, usabilidade).

	Simulação: Executar o artefato com dados artificiais.
Teste	Teste Funcional (<i>Black Box</i>): Executar as interfaces do artefato para descobrir possíveis falhas e identificar defeitos. Teste Estrutural (<i>White Box</i>): Realizar testes de cobertura de algumas métricas para implementação do artefato (por exemplo, caminhos para a execução).
Descritivo	Argumento informado: Utilizar a informação das bases de conhecimento (por exemplo, das pesquisas relevantes) para construir um argumento convincente a respeito da utilidade do artefato. Cenários: Construir cenários detalhados em torno do artefato, para demonstrar sua utilidade.

Fonte: Lacerda *et al.* (2013)

Entretanto, para o escopo deste estudo tem-se especial interesse pela discussão que Lacerda *et al.* (2013) fazem a respeito da forma de validação dos artefatos produzidos pela técnica chamada de “grupos focais”. Segundo os autores, estes grupos focais podem ser empregados como forma de avaliação dos artefatos produzidos com base na metodologia uma vez que permitem a oportunidade de uma discussão profunda e detalhada acerca do produto da pesquisa, além de oferecer contribuição crítica dos seus resultados, permitindo o refinamento da solução apresentada.

Tremblay, Hevner e Berndt (2010) apresentam dois tipos de grupos focais a serem utilizados para a validação de artefatos produzidos com base na metodologia *Design Science*: grupo focal exploratório e grupo focal confirmatório.

O grupo focal exploratório tem como objetivo alcançar melhorias incrementais na criação de artefatos e fornece informações que possam ser utilizadas para eventuais modificações do artefato produzido, mas também do próprio grupo focal de avaliação.

O grupo focal confirmatório, por sua vez, objetiva demonstrar a utilidade dos artefatos desenvolvidos no campo de aplicação e é baseado em entrevistas com roteiros previamente definidos para ser aplicados ao grupo de trabalho, que não pode ser modificado ao longo do tempo, uma vez que o objetivo é garantir a possibilidade de comparação entre os resultados dos testes realizados entre os participantes de cada grupo focal por ventura empregado.

O Quadro 4 detalha os tipos de grupos focais indicados por Tremblay, Hevner e Berndt (2010) para o processo de avaliação dos estudos.

Quadro 4 - Tipos de Grupos Focais em *Design Science Research*.

Características	Grupo Focal Exploratório	Grupo Focal Confirmatório
Objetivo	Alcançar melhorias incrementais rápidas na criação de artefatos.	Demonstrar a utilidade dos artefatos desenvolvidos no campo de aplicação.
Papel do Grupo Focal	Fornecimento de informações que possam ser utilizadas para eventuais mudanças tanto no artefato, como no roteiro do Grupo Focal. Refinamento do roteiro do Grupo Focal e identificação de constructos a serem utilizados em outros grupos.	O roteiro de entrevistas previamente definido para ser aplicado ao grupo de trabalho, não deve ser modificado ao longo do tempo a fim de garantir a possibilidade de se fazer comparativos entre cada Grupo Focal participante.

Fonte: Tremblay, Hevner e Berndt (2010).

Assim, tem-se nos grupos focais exploratórios e confirmatórios as estratégias adequadas para a validação do modelo desenvolvido a partir da metodologia *Design Science*.

Além da metodologia *Design Science Research*, a pesquisa precisou apoiar-se em outras metodologias e métodos disponíveis na literatura para a operacionalização das etapas previstas, tais como OntoKEM e Methontology, descritas nas seções seguintes.

3.3 ONTOKEM

O processo de construção da ontologia foi desenvolvido a partir dos requisitos da ferramenta disponibilizada pela metodologia OntoKEM.

Esta metodologia prevê cinco etapas principais para o desenvolvimento da ontologia, conforme descrevem Rautenberg,

Todesco e Gauthier (2009): especificação, conceitualização, formalização, implementação e avaliação.

O Quadro 5 demonstra cada uma destas etapas e suas características:

Quadro 5 – Etapas da metodologia OntoKEM

ETAPA	DESCRIÇÃO
Especificação	<p>Nesta atividade tende-se a discernir a respeito dos custos do desenvolvimento da ontologia, onde pretende-se:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar o escopo da ontologia: responder “quem são os usuários”, “quais são as intenções de uso”, entre outras. • Identificar o propósito da ontologia: identificar por que a ontologia deve ser construída, entre outros. • Identificar as fontes de conhecimento: procurar por livros, artigos, entre outras fontes, das quais pode-se abstrair o entendimento dos conceitos presentes na ontologia. • Considerar o reuso de ontologias: verificar a existência de ontologias correlacionadas, das quais pode-se aproveitar conceitos já estabelecidos. • Gerar as questões de competência: entrevistar especialistas de domínio na perspectiva que estes elaborem questões que a ontologia deva responder e que relacionem os termos, jargões e relacionamentos presentes no domínio.
Conceitualização	<p>É a atividade que visa descrever um modelo conceitual da ontologia a ser construída,</p> <ul style="list-style-type: none"> • De acordo com as especificações encontradas no estágio anterior. Tem como tarefas: • Listar os termos da ontologia: a partir das fontes de conhecimento e das questões de competência, pode-se enumerar os termos comumente utilizados pelos especialistas de domínio.

	<ul style="list-style-type: none"> • Agregar os elementos reutilizáveis: das ontologias que tem aderência à ontologia em desenvolvimento, pode-se capturar novos elementos ou a definição de elementos já estabelecidos. • Classificar os termos: com a lista de termos disponível, é possível classificar os elementos de acordo com a compreensão que se tem do domínio. Neste sentido, termos são classificados como classe, relação, propriedade de dados, instância e restrição. • Definir os termos: para cada termo presente na ontologia é necessário explicitar o seu significado para com o domínio em questão.
Formalização	<p>É a atividade que visa transformar o modelo conceitual em um modelo formal, passível de ser implementado computacionalmente. As tarefas desta atividade são:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definir a hierarquia de classes: uma vez a lista de termos classificada, atém-se somente às classes. Nesta tarefa pretende-se organizar as classes na forma de uma árvore, tal qual na orientação a objetos, privilegiando as características de herança. • Mapear as relações às classes: para cada classe agregam-se os termos tidos como “relação” e que associam explicitamente o relacionamento da classe em questão para com as demais classes do domínio. • Mapear as propriedades de dados às classes: para cada classe agregam-se os termos tidos como “propriedade de dados” e que pertencem explicitamente como dimensão da classe em questão. • Mapear as restrições às classes: para cada classe verificar a existência de regras que possam restringir o conteúdo de suas propriedades de dados ou relações. • Mapear as instâncias às classes: para cada

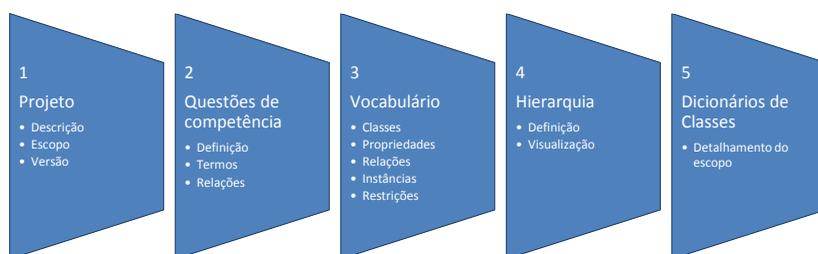
	<p>classe associar os termos tidos como “instâncias”, que se caracterizam como exemplos concretos da classe em questão.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Refinar as relações das classes: para cada relação, definir as classes a serem apontadas pela relação em questão. Nesta tarefa também é necessário atrelar as características da relação (funcional, inversa funcional, transitiva e simétrica). • Refinar as propriedades de dados das classes: para cada propriedade de dados, definir qual o tipo de dados a ser armazenado (<i>string</i>, número ou booleano) e definir se esta é funcional.
Implementação	<p>É uma atividade de menor interação com especialistas de domínio, sendo reservada às tarefas de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Valorar as propriedades de dados: para cada instância da ontologia é preciso atribuir o valor de suas propriedades internas. • Valorar as relações: para cada instância da ontologia deve-se valorar as relações das instâncias para com outras instâncias da ontologia; e • Valorar as restrições das classes: para cada classe deve-se valorar as restrições presentes no domínio quanto aos valores possíveis para as suas propriedades de dados e para as suas relações admitidas com as classes da ontologia.
Avaliação	<p>Trata-se de uma atividade onde se retoma maior interação com especialistas de domínio e também com os usuários da ontologia, com a finalidade de avaliar a ontologia. Realizam-se as tarefas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Avaliar a ontologia perante as fontes de conhecimento: é a avaliação técnica da ontologia de acordo com o entendimento aceito sobre o domínio em fontes de conhecimento especializadas, verificando a coerência do conhecimento representado na ontologia; • Avaliar a ontologia perante um frame de

	<p>referência: é a avaliação técnica da ontologia ao confrontá-la com um frame de referência gerado a partir do propósito, do escopo e das questões de competência da ontologia, verificando a precisão e a completude da ontologia; e</p> <ul style="list-style-type: none"> • Avaliar perante a visão do usuário: a avaliação da ontologia juntamente com os especialistas de domínio e usuários envolvidos para certificar a usabilidade e utilidade da ontologia.
--	--

Fonte: Rautenberg, Todesco e Gauthier (2009)

Estas cinco etapas e atividades estão organizadas na ferramenta disponibilizada pela metodologia em um conjunto de tarefas que estão sintetizados na Figura 24.

Figura 24 – Processo de desenvolvimento de ontologia



Fonte: O autor.

Como ensinam Rautenberg, Todesco e Gauthier (2009), a ferramenta **OntoKEM** é uma ferramenta para especificação, conceitualização, formalização e documentação de ontologias, permitindo a geração automática de artefatos para a documentação de projetos de ontologias. Também afirmam os autores que estes documentos podem ser considerados subsídios pertinentes para a atividade de avaliação de ontologias.

3.4 METHONTOLOGY

A metodologia METHONTOLOGY (FERNANDEZ-LÓPEZ; GÓMEZ-PÉREZ; JURISTO, 1997) foi desenvolvida pelo Laboratório de Inteligência Artificial da Universidade Politécnica de Madrid, da Espanha, em 1997 (ARAÚJO, 2003).

De acordo com Menolli (2012), dentre todas as metodologias disponíveis para o desenvolvimento de ontologias, a Methontology se destaca, entre outras razões, pelos seguintes motivos:

- Cobre todas as etapas de desenvolvimento de uma ontologia;
- Sugere um ciclo de vida evolutivo para as ontologias;
- Segue as normas da IEEE para o desenvolvimento de sistemas.

Cinco são as etapas previstas na metodologia Methontology para a construção de ontologias (Quadro 6):

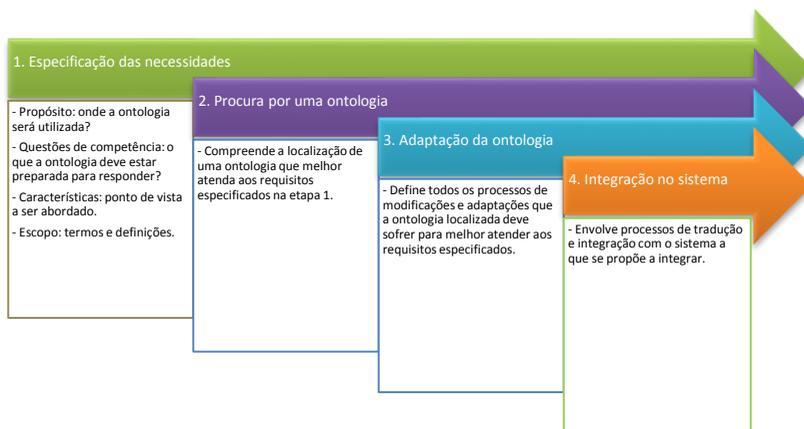
Quadro 6 – Etapas da metodologia Methontology

ETAPA	DESCRIÇÃO
Especificação	O objetivo da especificação é produzir tanto documentos de especificação informal, semiformal ou formal da ontologia escritos em linguagem natural, utilizando um conjunto de representações intermediárias.
Conceitualização	O domínio do conhecimento será estruturado em um modelo conceitual, que descreve o problema e as soluções em termos do domínio do vocabulário identificado na atividade de especificação.
Formalização	Formaliza o modelo conceitual, em um modelo formal semi-compatível com a ontologia a ser criada.
Integração	A fim de aumentar a velocidade de construção da ontologia, pode-se considerar o reuso de definições já implementadas em outras ontologias.
Implementação	Se codifica a ontologia em uma linguagem formal.

Fonte: Menolli (2012)

Esta metodologia também se mostrou ao longo do tempo bastante eficaz como guia no processo de reuso de aspectos ontológicos, como demonstrado por Fernandez-López e Gómez-Pérez (2004). De acordo com esta metodologia, a definição de quais ontologias poderão ser reutilizadas em um projeto deve ser pautada por quatro passos básicos, conforme demonstrado pela Figura 25.

Figura 25 – Metodologia para reuso de aspectos ontológicos



Fonte: Adaptado de Fernandez-López e Gómez-Pérez (2004)

A etapa 1, de especificação das necessidades da ontologia, tem por função definir quais os requisitos que a ontologia a ser reutilizada deve satisfazer na aplicação na qual estará sendo reutilizada. De acordo com Fernandez-López e Gómez-Pérez (2004), esta etapa compreende as seguintes informações:

- **Propósito:** descrição da aplicação na qual a ontologia será reutilizada.
- **Linguagem na qual ela é necessária:** definição das linguagens nas quais a ontologia será implementada.
- **Questões de competência:** levantamento de questões explicitadas em linguagem natural e que determinarão o escopo da ontologia, contribuindo inclusive para a extração de conceitos principais, propriedades, suas relações, axiomas, etc.

- **Características:** detalhamento do ponto de vista a partir do qual o domínio será abordado, os aspectos principais do domínio que deverão ser modelados, entre outros aspectos.
- **Escopo:** definição de um conjunto de termos que serão representados, detalhando-se suas definições.

A etapa 2, de procura por uma ontologia, consiste na busca ampla, geral e irrestrita por ontologias que melhor satisfaçam as necessidades especificadas na etapa 1.

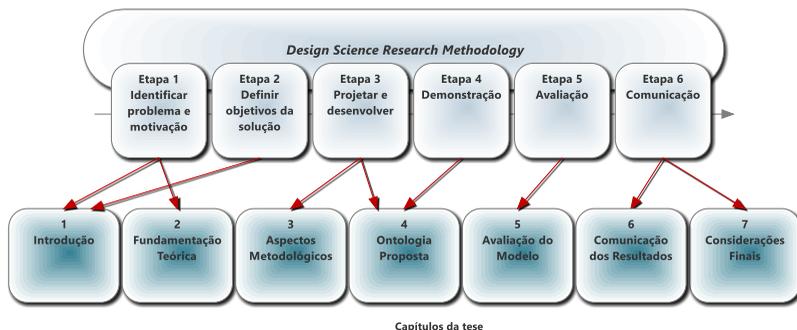
Na etapa 3, de adaptação da ontologia, consiste na organização e execução de todos os processos pelos quais deve passar a ontologia selecionada de modo a fazê-la satisfazer, da melhor maneira possível, às necessidades determinadas pela etapa 1.

A etapa 4, por fim, consiste na integração da ontologia no sistema. Esta etapa de adaptação envolve os processos de tradução por ventura necessários para a integração da ontologia aos sistemas nos quais ela será incorporada.

3.5 DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

Considerando-se o delineamento metodológico definido, a Figura 26 demonstra a correlação de cada uma das seções desta tese com a etapa metodológica correspondente, evidenciando o desenvolvimento das metodologias selecionadas.

Figura 26 – Desenvolvimento metodológico desta tese



Fonte: O autor.

Salienta-se que o processo de desenvolvimento da ontologia contou com a utilização de outros dois métodos de suporte: OntoKEM e Methontology. O primeiro foi empregado para a criação da ontologia em si, e o segundo, empregado para a seleção de aspectos ontológicos a serem reutilizados para a representação de tempo.

4 ONTOLOGIA PROPOSTA

Este capítulo apresenta a proposta desenvolvida com o intuito de atender a problemática apresentada, dividida em quatro seções. A primeira apresenta o processo de desenvolvimento da ontologia, a partir da metodologia OntoKEM. A segunda seção detalha o processo para reuso de aspectos ontológicos para a representação de tempo no contexto de indicadores de desempenho. Na seção três é apresentado o modelo proposto, sendo seguida pela seção quatro, onde o modelo é demonstrado em um cenário de uso.

4.1 ONTOLOGIA PARA REPRESENTAÇÃO DE INDICADORES

A ontologia para representação de indicadores foi desenvolvida a partir da metodologia OntoKEM. A seguir são apresentadas as considerações acerca do desenvolvimento da ontologia e do modelo proposto.

4.1.1. Processo de desenvolvimento da ontologia

O processo de desenvolvimento da ontologia foi implementado a partir dos requisitos da ferramenta disponibilizada pela metodologia OntoKEM.

Esta metodologia prevê quatro etapas principais para o desenvolvimento da ontologia: especificação, aquisição de conhecimento, implementação e avaliação. Estas quatro atividades estão organizadas na ferramenta disponibilizada pela metodologia.

A primeira etapa da metodologia OntoKEM, denominada de “especificação” é representada pela tarefa 1, de projeto, da ferramenta disponibilizada. Nesta tarefa foram definidos o nome do projeto, a descrição da ontologia e sua versão (Figura 27).

Figura 27 - Projeto

The screenshot shows the 'Alterar Descrição da Ontologia' (Edit Ontology Description) page in the OntoKEM tool. The interface includes a header with the LEC logo (Laboratório de Engenharia do Conhecimento - UFSC) and the OntoKEM logo (Ferramenta para gerenciamento de documentação e de projeto de ontologias baseada em tecnologias livres e Web Semântica). A navigation menu contains 'Projeto', 'Perguntas de Competência', 'Vocabulário', 'Hierarquia', 'Dicionário de Classes', and 'Outros'. The main content area displays a red warning message: 'O conteúdo foi alterado! Não se esqueça de salvar as alterações!' (Content has been changed! Don't forget to save the changes!). Below this, there is a form with the following fields:

- Nome do Projeto:** Indicators
- Indicadores:** (empty text box)
- Descrição (até 2000 caracteres):**

Ontologia para representação semântica de indicadores considerando-se aspectos de vaguidade, imprecisão, temporalidade e relacionamento entre indicadores.

Esta ontologia é parte da tese desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento da Universidade Federal de Santa Catarina, pelo doutorando Vanderlei Freitas Junior. Consideram-se para este desenvolvimento as seguintes fontes de conhecimento:

 - 1- Denk e Grossman (2010)
 - 2- Pintzos et al (2012)
 - 3- Pintzos et al (2013)
 - 4- Navarro-Hernandez (2006)
 - 5- Bobillo et al (2007; 2009)
 - 6- Rojas e Jaramillo (2013)
 - 7- Molina et al (2004)
 - 8- Trokanas et al (2013)

At the bottom of the form is a 'Salvar Alterações' (Save Changes) button. The footer of the page reads 'Desenvolvido pelo Laboratório de Engenharia do Conhecimento - UFSC'.

Fonte: Ferramenta OntoKEM.

A segunda etapa, denominada de aquisição de conhecimento, compreende as tarefas de definição das questões de competência, vocabulário, hierarquia e dicionário de classes.

Neste quesito, FREITAS JUNIOR *et al.* (2015, p. 38), afirmam que é necessário conhecer-se mais sobre um dado indicador, para entender seu real significado. Para os autores, ao menos as seguintes informações devem ser conhecidas para permitir a compreensão e a comparação de indicadores de desempenho:

- Entidade interessada em um indicador.
- Variáveis a que um indicador está relacionado.
- A descrição, o valor e a importância (peso) de um indicador.
- Que tipo de critério é usado em um determinado domínio para avaliar os indicadores.

Que tipo de fórmula ou cálculo matemático é executado para calcular o valor de um indicador.

Que outros atributos compõem o valor de um indicador.

A que ponto no tempo um indicador está relacionado.

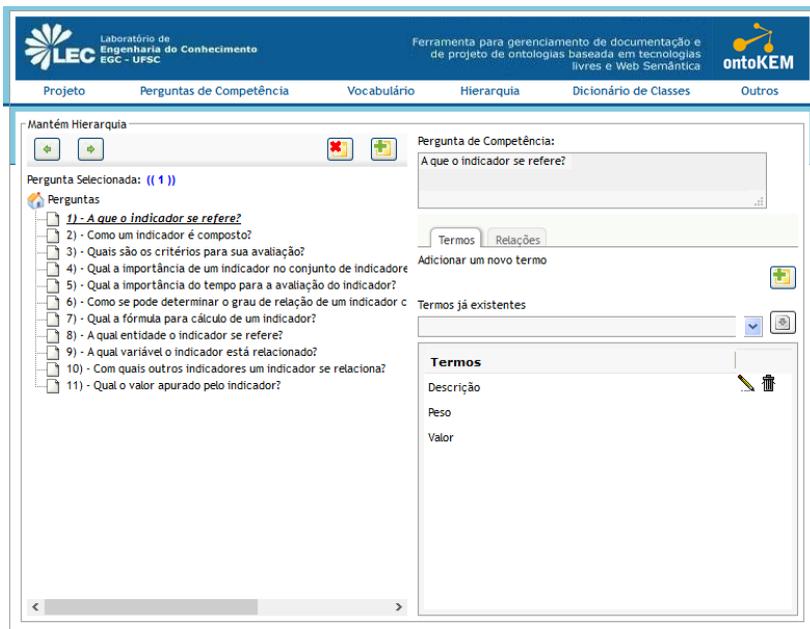
Quais relacionamentos entre outros indicadores precisam ser conhecidos.

Assim, a partir da literatura e dos objetivos delimitados pela problemática desta tese, foram definidas as seguintes questões ou perguntas de competência:

- 1) A qual entidade o indicador se refere?
- 2) A qual variável o indicador está relacionado?
- 3) A que o indicador se refere?
- 4) Com quais outros indicadores um indicador se relaciona?
- 5) Como se pode determinar o grau de relação de um indicador com determinada variável linguística?
- 6) Como um indicador é composto?
- 7) Quais são os critérios para sua avaliação?
- 8) Qual a fórmula para cálculo de um indicador?
- 9) Qual a importância de um indicador no conjunto de indicadores?
- 10) Qual a importância do tempo para a avaliação do indicador?
- 11) Qual o valor apurado pelo indicador?

A Figura 28 demonstra a ferramenta para a criação das perguntas de competência.

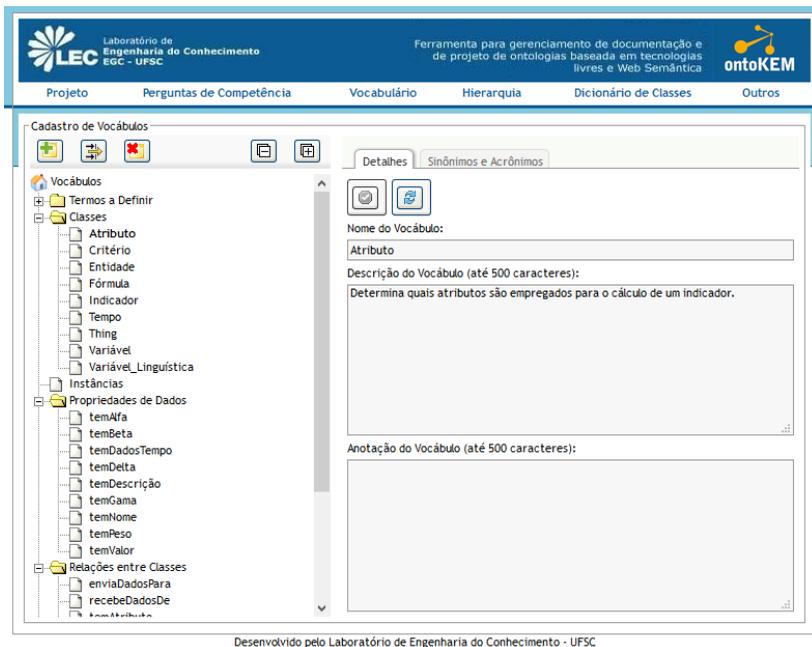
Figura 28 – Perguntas de competência



Fonte: Ferramenta OntoKEM.

A próxima etapa consiste na definição dos termos utilizados na ontologia. Estes termos são construídos a partir das perguntas de competência, classes, propriedades e relacionamentos do projeto, compondo o vocabulário a ser definido. A Figura 29 demonstra esta tarefa.

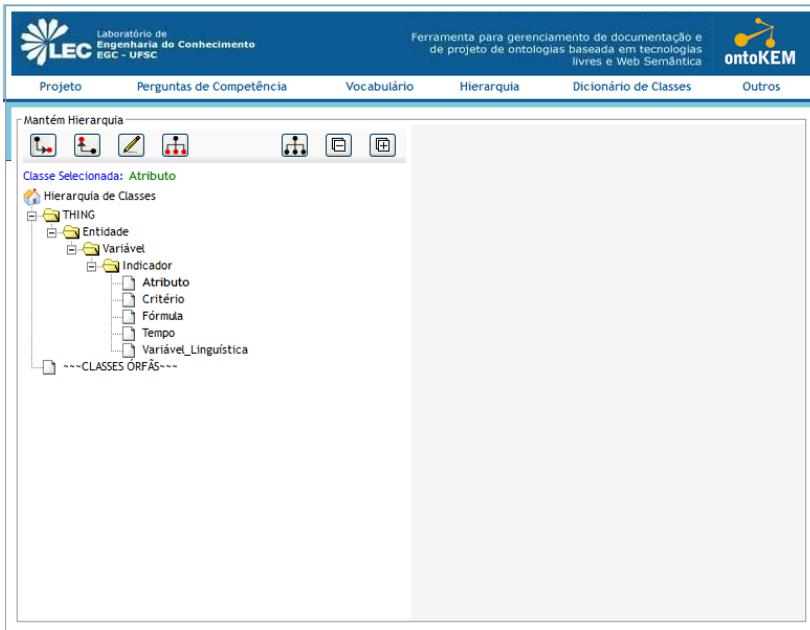
Figura 29 – Vocabulário



Fonte: Ferramenta OntoKEM.

A Figura 30, por sua vez, apresenta a ferramenta para a organização da hierarquia das classes e termos empregados na ontologia.

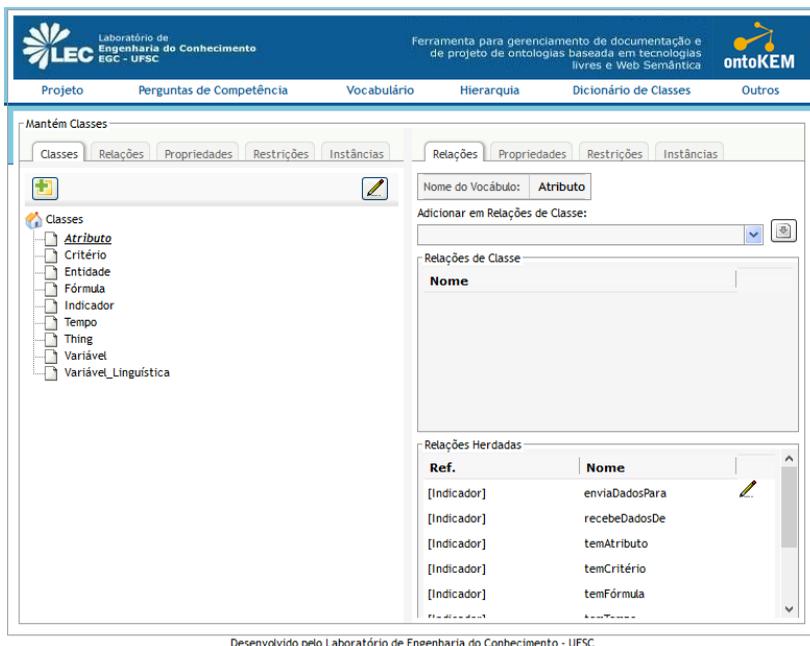
Figura 30 – Hierarquia



Fonte: Ferramenta OntoKEM.

Por fim, a Figura 31 apresenta a manutenção do dicionário de classes. Nesta etapa é possível atribuir relações às classes, definir domínios e escopo para as relações, especificar domínio para as propriedades, além de estabelecer restrições e constituir instâncias.

Figura 31 – Dicionário de classes



Fonte: Ferramenta OntoKEM.

O Apêndice I desta tese apresenta todos os artefatos produzidos pela ferramenta OntoKEM durante o processo de planejamento e especificação da ontologia, detalhando-a e possibilitando as etapas seguintes.

Uma importante fase do processo de desenvolvimento da ontologia se deu através da definição do reuso de aspectos ontológicos para a representação de tempo no contexto de indicadores de desempenho, especificado na seção a seguir.

4.1.2 Representação de tempo a partir do reuso

As relações temporais na representação de indicadores são aspectos que igualmente devem ser considerados em sua representação semântica. Assim, no modelo proposto, o tempo é considerado como um atributo possível de um indicador. Entretanto, em razão de sua importância, é representado de forma especial.

Como se vê, em diversos domínios, autores tem reconhecido a importância do fator “tempo” na análise e representação do conhecimento. Mei e Zhai (2005), por exemplo, afirmam que no campo da ciência e de sua socialização através dos artigos científicos, o estudo de determinado assunto, em algum período de tempo, pode ter influenciado o estudo de outro assunto em época posterior, evidenciando, portanto, a importância do tempo para a análise dos fenômenos. No mesmo sentido, He et al. (2010), afirmam que, ao longo do tempo, a literatura científica evolui, aprimorando soluções para um problema importante de forma interessante. Ha-Thuc *et al.* (2009), por sua vez, afirmam que os padrões temporais são capazes de fornecer informações úteis a respeito do comportamento dos diversos tópicos no conjunto de dados. Alonso *et al.* (2009), dizem que na medida em que a quantidade de informação aumenta, o conceito de tempo como uma dimensão torna-se cada vez mais importante.

Parmenter (2007) contribui com a discussão especificando que indicadores chaves de resultado (KRI) medem o sucesso atingido, fornecendo informações sobre o que foi feito num determinado processo até um dado momento no tempo, evidenciando, portanto, o caráter específico do tempo na análise deste tipo de indicador, bem como sua característica de determinação do instante que o indicador representa.

Especificamente quanto à modelagem de indicadores, alguns autores já buscaram soluções para a representação do tempo. Denk e Grossmann (2010) e Pintzos *et al.* (2012) introduzem a dimensão tempo na representação semântica de indicadores proposta nos domínios estudados pelos autores, demonstrando a possibilidade e necessidade de tratar-se esta dimensão, especialmente pelo fato de que um indicador representa uma medida de desempenho em determinado momento do tempo.

A seção seguinte descreve a metodologia empregada neste trabalho para a seleção dos estudos considerados na construção de uma proposta de representação semântica de tempo no contexto dos indicadores de desempenho. Decidiu-se, em nome da fidelidade à metodologia escolhida e para facilitar a compreensão, manter-se nesta seção todo o levantamento teórico e procedimentos metodológicos adotados para o reuso, conforme demonstrado a seguir.

4.1.2.1 Procedimentos metodológicos

O processo de reuso de aspectos ontológicos para representação de tempo, para efeitos desta tese, toma como ponto de partida os estudos de Fernández-López e Gomez-Perez (2004) e Ermolayev *et al.* (2014). No primeiro, os autores apresentaram suas experiências na reutilização de ontologias de tempo em um projeto específico, analisando um grupo de ontologias implementadas em diferentes linguagens computacionais. São consideradas, também, neste estudo, características de ontologias de tempo, como diferentes granularidades, fusos horários, etc. No segundo estudo, Ermolayev *et al.* (2014) apresentam uma revisão das ontologias de tempo baseada na *TIME International Symposium on Temporal Representation and Reasoning* com o objetivo de verificar se as propostas de representação de tempo formais desenvolvidas até o momento são suficientes para as necessidades apresentadas pelas pesquisas em Ciência da Computação, e em particular dentro das comunidades de Web Semântica e Inteligência Artificial.

A *TIME International Symposium on Temporal Representation and Reasoning*, empregada por Ermolayev *et al.* (2014) como fonte dos estudos utilizados para a construção do referencial teórico acerca da representação semântica de tempo. Segundo Bettini *et al.* (2015), o único evento internacional anual multidisciplinar dedicado ao assunto de tempo em Ciência da Computação. Segundo os autores, o objetivo do simpósio é “reunir pesquisadores ativos em diferentes áreas envolvendo a representação temporal e o raciocínio”.

Assim, a partir dos estudos citados, o presente trabalho foi realizado de acordo com os seguintes passos: revisão do conceito de representação de tempo apresentado pelos estudos que dão base ao presente artigo; ampliação da revisão disponibilizada; escolha de aspectos ontológicos para reuso de acordo com a metodologia METHONTOLOGY; e, apresentação da proposta definida para representação de tempo no contexto de indicadores de desempenho.

A revisão bibliométrica levada a efeito⁵ considerou o conceito de *time point*, empregando a *string* de busca "(ontology) AND ("time point") AND (representation)" junto às bases *Web of Science*, *Scopus* e *IEEE*, sem restrição de data e incluindo a maior quantidade de campos

⁵ Busca realizada em 21/09/2015

de pesquisa possível em cada uma das buscas, visando incluir a maior quantidade de estudos disponíveis nas bases.

O conceito de “*time point*” foi escolhido como critério para a revisão bibliométrica em razão de melhor representar as necessidades de representação de tempo no contexto dos indicadores de desempenho, como demonstrado na seção 4.

Por outro lado, foram consultados também os estudos da *TIME International Symposium on Temporal Representation and Reasoning*, nos anos de 2014 e 2015, em razão da expressividade desta base para os estudos de representação de tempo, e expandindo-se a revisão realizada por Ermolayev *et al.* (2014).

Os critérios definidos para a inclusão de estudos na presente revisão foram: disponibilidade do texto completo de forma gratuita e abordagem clara do conceito de *time point* no escopo do trabalho. Para isto, obedeceu-se às seguintes etapas: (i) coleta dos estudos nas bases escolhidas, (ii) exclusão de estudos repetidos, (iii) extração de dados bibliométricos, (iv) seleção dos estudos que atendam aos critérios de inclusão definidos e, por fim, (v) a análise e descrição destes trabalhos.

Após a realização da primeira etapa, de coleta de estudos nas bases escolhidas, observou-se a quantidade determinada no Quadro 7.

Quadro 7 – Estudos recuperados para representação de tempo

BASE	QUANTIDADE DE ESTUDOS
Web of Science	05
Scopus	21
IEEE	02
Time Symposium	07
TOTAL	35

Fonte: O autor, 2015.

Foram excluídos seis trabalhos repetidos na etapa 2, restando 29 trabalhos dos quais foram extraídos os dados bibliométricos.

Estes 29 estudos foram escritos por 79 autores diferentes, que por sua vez, elencaram 340 palavras-chaves, dentre as quais destacam-se “ontology” e “time”. Os estudos identificados foram escritos entre os anos de 1994 e 2014. Entretanto, os dois últimos anos da amostra compreendem quase a metade dos trabalhos selecionados, com 14 estudos.

Após a análise dos textos completos prevista na etapa 3, outros 16 trabalhos foram desconsiderados, por não estarem diretamente relacionados com o ponto de interesse deste estudo. Os artigos versavam, em sua maioria, com o uso da *Gene Ontology* para a representação de eventos médicos ou biológicos, analisados a partir de determinados pontos específicos de tempo.

Assim, a etapa 4 contou com o número de 13 estudos, que serão abordados na seção seguinte, expandindo-se as revisões apresentadas por Fernández-López e Gomez-Perez (2004) e Ermolayev *et al.* (2014).

4.1.2.2 Ontologias para representação de tempo

Diante dos desafios apresentados pela literatura no que se refere à representação semântica de indicadores, a área de engenharia do conhecimento dispõe de um conjunto de técnicas e métodos capazes de contribuir com este propósito. Dentre estas técnicas destacamos as ontologias.

Especificamente quanto às ontologias para representação temporal, Fernández-López e Gómez-Pérez (2004) afirmam que existem diversos modelos ontológicos que se propõem a realizar esta representação, assim, para facilitar a compreensão destas diversas metodologias os autores fazem considerações acerca das formas como o tempo pode ser expresso.

São 16 as classificações apresentadas pelos autores:

- Pontos no tempo: são momentos específicos ocorridos em um determinado ponto no tempo (03/09/2015, 11h04, GMT).
- Intervalos de tempo: momentos compreendidos entre dois pontos no tempo (de 03/09/2015 a 10/09/2015).
- Tempo absoluto e tempo relativo: o tempo pode ser representado de forma absoluta quando um ponto no tempo é associado a um fato (1789 foi o início da Revolução Francesa), ou, por outro lado, de forma relativa, quando um fato no tempo é associado a outro fato (Revolução Russa ocorreu depois da Revolução Francesa).
- Relações entre intervalos de tempo: um determinado período de tempo “A” pode estar incluído em outro período “B”, ter ocorrido posteriormente ao período “B”, ou ter pontos de interseção. De acordo com Fernández-López e Gómez-Pérez

(2004), Allen (1983, 1984) apresentou teoria bastante consolidada sobre as relações entre os intervalos de tempo.

- Intervalos de tempo convexos e não convexos: são considerados intervalos não convexos aqueles períodos de tempo em que há uma interrupção inclusa (todas as quartas-feiras). Convexos, por sua vez, são aqueles intervalos sem interrupção (01/01/2015 a 10/01/2015).
- Intervalos abertos e fechados: trata-se dos períodos de tempo em que o ponto final do intervalo está ou não incluso neste intervalo.
- Modelagem explícita de intervalos adequados: um determinado intervalo é considerado adequado quando o ponto inicial e o ponto final são diferentes.
- Modelagem de concatenação de intervalos: é a representação da obtenção de um grande intervalo a partir da união de pequenos intervalos.
- Modelagem da ligação de outros tipos conceitos com os conceitos de tempo: os autores exemplificam esta categoria pela relação que se pode fazer de um evento ocorrido com o ponto no tempo de sua ocorrência.
- Modelagens de padrões de calendário e relógio: representação de dias, meses, anos, horas, minutos, segundos, fuso horário e outros aspectos relacionados especificamente com calendários e relógio.
- Modelagem de diferentes granularidades de tempo: especifica a representação das diferentes granularidades de tempo, especialmente para a conversão de uma unidade para outra. Os autores reconhecem que esta pode ser uma situação trivial, entretanto com algumas exceções, como por exemplo, a conversão de um período de tempo em dias úteis.
- Ordenação total: modelagem de pressuposto que considera que dois intervalos de tempo possuem sempre um maior que o outro.
- Infinito: modelagem de intervalos de tempo que não são limitados ou pelo seu ponto de início ou seu ponto de fim.
- Densidade: modelagem para representar a existência de um terceiro intervalo de tempo existente entre dois outros intervalos.

- Isomorfismo para números reais: algumas metodologias empregam o conjunto de números reais para a representação de tempo, mas para Fernández-López e Gómez-Pérez (2004), isto implica na aceitação total das teorias de densidade, convexidade e ordenação total, e implica também a aceitação que não há um ponto no infinito.
- Uso de axiomas: as metodologias para modelagem de tempo distinguem as ontologias entre aqueles que usam e as que não usam axiomas. Seriam as ontologias *lightweight* e *heavyweight*. As ontologias *lightweight* incluem conceitos, taxonomias e relacionamentos entre os conceitos, propriedades que descrevem os conceitos. Por sua vez, as ontologias *heavyweight* incluem axiomas, estes procuram explicitar o significado dos termos da ontologia, permitindo raciocínios complexos.

Neste mesmo sentido, Ermolayev *et al.* (2014) afirmam que existem diversas facetas do tempo que devem ser analisadas quando o objetivo é ordenar uma teoria para a sua representação: limitação, anisotropia, particionamento, estruturação, densidade, ordenação, incerteza temporal e periodicidade de tempo.

Entretanto, os autores apresentam ênfase a dois elementos que compõem os conceitos para a descrição do tempo: elementos temporais (*TemporalElements*) e estruturas temporais (*TemporalStructures*). Eles podem ser pontos de tempo, estruturas temporais baseadas em pontos de tempo, segmentos e intervalos temporais, estruturas temporais baseadas em intervalos e sistemas de calendário.

Um elemento temporal, no contexto das teorias de tempo, são os pontos de tempo (*TimePoints*) e intervalos de tempo (*TimeIntervals*). Uma estrutura temporal, por sua vez, é composta por uma estrutura temporal e um elemento temporal, com um objetivo definido. Um calendário (*Calendar*) pode ser especificado como um exemplo de uma estrutura temporal.

Ermolayev *et al.* (2014) afirmam ainda que o tempo possui algumas características a serem consideradas: granularidade e escala de tempo, duração e distância temporal, datas e *time stamps*.

Este estudo possui especial interesse pelos pontos ou instantes de tempo (*TimePoints*) que parecem melhor atender as características da

representação de tempo no âmbito da representação semântica de indicadores de desempenho.

Os pontos de tempo (*TimePoints*) são também conhecidos como “instantes” e podem ser considerados elementos de uma linha de tempo. Ermolayev *et al.* (2008c) afirma que um determinado instante t não possui duração e o seu valor reflete a sua posição específica na linha do tempo, podendo referir-se ao momento atual, um momento predefinido, um ponto de sincronização ou um ponto limite.

O conceito de pontos de tempo na literatura específica não é novo. Allen (1984) já sugeria que as datas e horas são eventos específicos que conseguem representá-lo. A data, para Allen (1984), são representadas por triplas ordenadas de inteiros, com o objetivo de representar o ano, mês (1-12) e o dia (1-31). Ermolayev (2008c) afirma que uma data é uma ocorrência específica na linha do tempo, a ser representada por uma granularidade própria (dia, mês e ano).

Assim, tem-se que diante da grande quantidade de estudos que buscam representar semanticamente o tempo, sistematizados por Fernández-López e Gómez-Pérez (2004) e Ermolayev *et al.* (2014), a teoria de ponto de tempo chama especial atenção em razão de melhor atender as necessidades deste estudo.

Diversos trabalhos, igualmente, procuram implementar os conceitos de tempo especificados na literatura, tais como *Cyc Time* (LENAT, 1995), SUMO - *Suggested Upper Merged Ontology* (NILES e PEASE, 2001a, 2001b), DOLCE – *Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering* (MASOLO *et al.*, 2003), BFO – *Basic Formal Ontology* (MASOLO *et al.*, 2003), GFO – *General Formal Ontology* (BAUMANN *et al.*, 2012), PSI-ULO - *PSI-Upper-Level Ontology* (ERMOLAYEV, 2008b, 2009), OWL-Time (HOBBS; PAN, 2004), *TimeLine Ontology* (RAIMOND; ABDALLAH, 2007), Reusable Time Ontology (ZHOU; FIKES, 2002), *PSI-Time Ontology* (ERMOLAYEV *et al.*, 2008a, 2009), *AKT Time Ontology* (MACNEILL, 2015), *SWRL Temporal Ontology* (O’CONNOR; DAS, 2011), *SOWL Ontology* (BATSAKIS; PETRAKIS, 2011).

Dentre estes estudos, alguns deles se destacam para o escopo desta tese em razão de claramente oferecerem alternativas para a representação de pontos de tempo (*TimePoints*).

Suggested Upper Merged Ontology (SUMO), proposta por Niles e Pease (2001), é uma ontologia de tempo organizada através de uma hierarquia de módulos, começando com uma ontologia estrutural, depois uma ontologia que especifica os aspectos temporais. Esta proposta

considera os pontos de tempo e intervalos de tempo como uma posição no tempo. A ontologia ocupa-se também de definir anos, meses, dias e minutos.

Masolo *et al.* (2003) apresentaram a *Basic Formal Ontology* (BFO). Parte da *WonderWeb Library of Foundational Ontologies*, a BFO considera o tempo como uma entidade, onde um instante de tempo é considerado como uma região temporal onde os limites estão aproximados, ou fortemente conectados.

General Formal Ontology (GFO), proposta por Baumann *et al.* (2012), apresenta o tempo como fenômenos abstratos, dividindo-os em intervalos, chamados *chronoids*, e limites de tempo, chamados pontos de tempo.

Hobbs e Pan (2004, 2006) demonstram a *OWL-Time*, que foi desenvolvida para a descrição de conceitos temporais em páginas web e propriedades temporais de *web services*. O tempo é descrito como duas subclasses do conceito de *TemporalEntity*, chamadas de *Instant* e *Interval*. Um intervalo (*interval*) é considerado como um determinado aspecto de tempo com o que os autores chamaram de pontos interiores, isto é, instantes de início e fim. O instante (*instant*), por sua vez, denota um ponto no tempo que não tenha pontos interiores, ou que os pontos de início e fim sejam os mesmos. A representação de duração se dá através dos argumentos: anos, meses, semanas, dias, horas, minutos e segundos. Os instantes de tempo podem ser representados pelas propriedades *unitType*, *year*, *month*, *week*, *day*, *dayOfWeek*, *dayOfYear*, *hour*, *minute*, *second* e *timeZone*.

TimeLine Ontology, proposta por Raimond e Abdallah (2007) é voltada ao domínio de música digital, mas de todo modo demonstra a representação de um instante de tempo, que em sua proposta se dá no que os autores chamam de *timeline*. Neste domínio especificado, os valores de instantes de tempo podem ser representados com diferentes granularidades, usando as propriedades *atYear*, *atMonth* e *atDateTime*.

Zhou e Fikes (2002) apresentam a *Reusable Time Ontology*. Esta ontologia assume que o tempo é contínuo e linear, e divide-o em *Time-Point* e *Time-Interval*. *Time-Point* é especificado como uma classe de pontos de tempo para a representação de momentos ou instantes de tempo. *Time-Interval*, por sua vez, é a classe de um conjunto de dois ou mais pontos de tempo para representar períodos temporais, ou extensões temporais. Nesta ontologia, a granularidade é definida apenas para o contexto do *Time-Point*, tendo sido reutilizado os conceitos de física quântica para o tempo da Ontologia Library. Este conceito prevê uma

classe chamada *Time-Quantity* para especificar uma quantidade de tempo que é representada por números reais e uma unidade de tempo. Diversas funções são definidas para corresponder a esta necessidade: *Year-Of*, *Month-Of*, *Day-Of*, *Week-Day-Of*, *Hour-Of*, *Minute-Of* e *Second-Of*.

PSI-Time Ontology é apresentada por Ermolayev *et al.* (2008a) e tem como conceito central o que os autores chamam de *TimeInstant*, que modela um ponto específico de tempo. Os valores de *TimeInstant* são do tipo *DateTime*, isto é, correspondendo exatamente ao padrão de datas e horas fornecido pela linguagem OWL.

MacNeill (2015) propõe a AKT *Time Ontology* como parte de uma iniciativa maior denominada AKT *Support Ontology*. O conceito principal desta ontologia é o de *time-entity*, como uma algo intangível. Este conceito se desdobra em dois, *time-intervals* e *time-points*. O conceito de *time-entity* é composto por um conjunto de propriedades que procuram expressar o tempo em diferentes granularidades, tais como *year-of*, *month-of*, *day-of*, *hour-of*, *minute-of* e *second-of*. Como forma de representar um ponto de tempo, a ontologia conta com o conceito de *calendar-date*, como uma especialização do conceito de *time-point*, com as propriedades de *year-of*, *month-of* e *day-of*.

Por fim, a ontologia SWRL *Temporal Ontology*, proposta por O'Connor e Das (2011), apresenta um modelo de representação temporal baseado em OWL. A granularidade especificada nesta ontologia se dá a partir da classe *granularity*, com as instâncias *years*, *months*, *days*, *hours*, *minutes*, *seconds* e *milliseconds*.

Outras propostas de ontologias para a representação de tempo que levassem em consideração a representação de instantes ou pontos de tempo não foram localizadas nas bases pesquisadas. Tampouco foram desconsiderados nesta descrição outros aspectos relacionados com a finitude de tempo, representação de intervalos de tempo e todas as demais características típicas da representação ontológica do tempo, em razão dos objetivos propostos para este trabalho.

A seção a seguir procura aplicar uma metodologia para a definição da ontologia a ser objeto de reuso, bem como adaptá-la aos propósitos especificados no escopo deste trabalho.

4.1.2.3 Reuso de ontologia para representação de tempo em indicadores de desempenho

A metodologia METHONTOLOGY (FERNANDEZ-LÓPEZ, GÓMEZ-PÉREZ; JURISTO, 1997) mostrou-se ao longo do tempo bastante eficaz como guia no processo de reuso de aspectos ontológicos, como demonstrado por Fernandez-López e Gómez-Pérez (2004). De acordo com esta metodologia, a definição de quais ontologias poderão ser reutilizadas em um projeto deve ser pautada por quatro passos básicos, conforme já demonstrado no Capítulo 3 desta tese: (i) especificação das necessidades, (ii) procura por uma ontologia, (iii) adaptação da ontologia, e (iv) integração no sistema.

Neste caso específico, apresentamos os requisitos determinados pela etapa 1 da metodologia proposta, qual seja, a de especificação das necessidades que a ontologia deve satisfazer na nova aplicação através do Quadro 8.

Quadro 8 – Etapa 1 da metodologia METHONTOLOGY

METHONTOLOGY – Etapa 1 Especificação das necessidades	
ITEM	DEFINIÇÃO
Propósito	Ontologia para representação de tempo no contexto de indicadores de desempenho.
Linguagem	Português e Inglês.
Questões de competência	A que ponto no tempo um indicador de desempenho se refere?
Características	A ontologia deve representar pontos específicos no tempo, utilizando diferentes granularidades de datas e horas para este propósito.
Escopo	Ano, mês, dia, dia da semana, hora, minuto, segundo, milissegundos, fuso horário.

Fonte: O Autor.

Passamos então a analisar as opções disponíveis e selecionadas por ocasião da revisão de literatura, representadas pelo Quadro 9, que define a segunda etapa da metodologia empregada.

Quadro 9 – Etapa 2 da metodologia METHONTOLOGY

METHONTOLOGY – Etapa 2	
Procura por uma ontologia a ser reutilizada	
ONTOLOGIAS	CARACTERÍSTICAS
SUMO (NILES; PEASE, 2001)	Pontos de tempo como posição no tempo. A ontologia define anos, meses, dias e minutos.
BFO (MASOLO <i>et al.</i> , 2003)	Tempo como uma entidade, onde um instante de tempo e considerado como uma região temporal onde os limites estão aproximados, ou fortemente conectados.
GFO (BAUMANN <i>et al.</i> , 2012)	Tempo como fenômenos abstratos, dividindo-os em intervalos, chamados <i>chronoids</i> , e limites de tempo, chamados pontos de tempo.
OWL-Time (HOBBS; PAN, 2004, 2006)	A representação de duração se dá através dos argumentos: anos, meses, semanas, dias, horas, minutos e segundos. Os instantes de tempo podem ser representados pelas propriedades <i>unitType</i> , <i>year</i> , <i>month</i> , <i>week</i> , <i>day</i> , <i>dayOfWeek</i> , <i>dayOfYear</i> , <i>hour</i> , <i>minute</i> , <i>second</i> e <i>timeZone</i> .
<i>TimeLine Ontology</i> (RAIMOND; ABDALLAH, 2007)	Valores de instantes de tempo podem ser representados com diferentes granularidades, usando as propriedades <i>atYear</i> , <i>atMonth</i> e <i>atDateTime</i> .
<i>Reusable Time Ontology</i> (ZHOU; FIKES, 2002)	Prevê uma classe chamada <i>Time-Quantity</i> para especificar uma quantidade de tempo que é representada por números reais e uma unidade de tempo. Diversas funções são definidas para corresponder a esta necessidade: <i>Year-Of</i> , <i>Month-Of</i> , <i>Day-Of</i> , <i>Week-Day-Of</i> , <i>Hour-Of</i> , <i>Minute-Of</i> e <i>Second-Of</i> .
<i>PSI-Time Ontology</i> (ERMOLAYEV <i>et al.</i> , 2008a)	<i>TimeInstant</i> , que modela um ponto específico de tempo. Os valores de <i>TimeInstant</i> são do tipo <i>DateTime</i> , isto é, correspondendo exatamente ao padrão de datas e horas fornecido pela linguagem OWL.
<i>AKT Time Ontology</i> (MACNEILL, 2015)	Composta por um conjunto de propriedades que procuram expressar o tempo em diferentes granularidades, tais como <i>year-of</i> , <i>month-of</i> , <i>day-of</i> , <i>hour-of</i> , <i>minute-of</i> e <i>second-of</i> . Como forma de representar um ponto de tempo, a

	ontologia conta com o conceito de <i>calendar-date</i> , como uma especialização do conceito de <i>time-point</i> , com as propriedades de <i>year-of</i> , <i>month-of</i> e <i>day-of</i> .
SWRL <i>Temporal Ontology</i> (O'CONNOR; DAS, 2011)	A granularidade especificada nesta ontologia se dá a partir da classe <i>granularity</i> , com as instâncias <i>years</i> , <i>months</i> , <i>days</i> , <i>hours</i> , <i>minutes</i> , <i>seconds</i> e <i>milliseconds</i> .

Fonte: O autor, 2015.

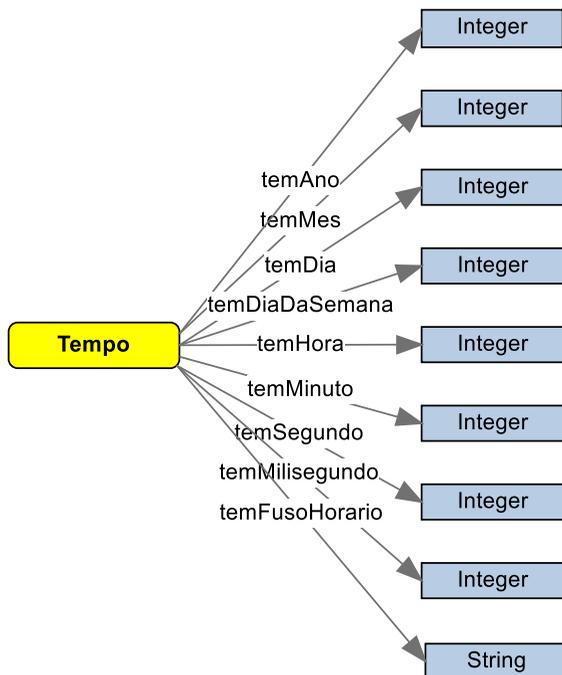
O conceito de ponto ou instante de tempo, amplamente demonstrado nos estudos selecionados, é a opção para a representação de tempo no contexto de indicadores de desempenho, no âmbito desta tese, uma vez que, de acordo com a literatura específica, um indicador de desempenho representa principalmente um momento determinado no tempo (PARMENTER, 2007).

Entretanto, alguns autores (ERMOLAYEV *et al.*, 2008a; HOBBS; PAN, 2004; 2006) têm apontado que estes pontos de tempo podem ser representados pela propriedade *date-time* da linguagem OWL, que por sua vez, compreende ano, mês, dia, hora, minuto, segundo e fuso horário (W3C, 2015).

Após a análise da literatura considerada, pode-se afirmar a necessidade de outras granularidades na representação de tempo de indicadores de desempenho, tais como dia da semana e milissegundo. Estas duas abordagens ampliariam as possibilidades de representação de instantes de tempo, desde os mais genéricos e abrangentes até os mais específicos.

Desta forma, a opção para a representação de tempo no contexto de indicadores de desempenho recai sobre a *SWRL Temporal Ontology* (O'CONNOR; DAS, 2011), em razão de contemplar a maior parte das granularidades possíveis para um instante de tempo, acrescentando-se o dia da semana e o fuso horário. A Figura 32 demonstra a classe de tempo, de acordo com os pressupostos apresentados.

Figura 32 – Classe tempo



Fonte: Adaptada de O'Connor e Das, 2011.

A representação apresentada na Figura 32, é fortemente inspirada no esquema de granularidades previsto na SWRL *Temporal Ontology*, demonstra-se adequada para a representação de tempo no contexto de indicadores de desempenho, especialmente a partir do princípio de representação de instante ou ponto de tempo. Esta modelagem desconsidera intervalos de tempo, em razão da necessidade especificada na etapa 1 da metodologia, demonstrando-se simples e de fácil compreensão.

Estas modificações realizadas no modelo selecionado representam a etapa 3 da metodologia para reuso de ontologias escolhido, uma vez que foram realizadas as adaptações necessárias para a melhor satisfação dos objetivos delimitados. A etapa 4, por sua vez, também pode ser considerada implementada, uma vez que houve a

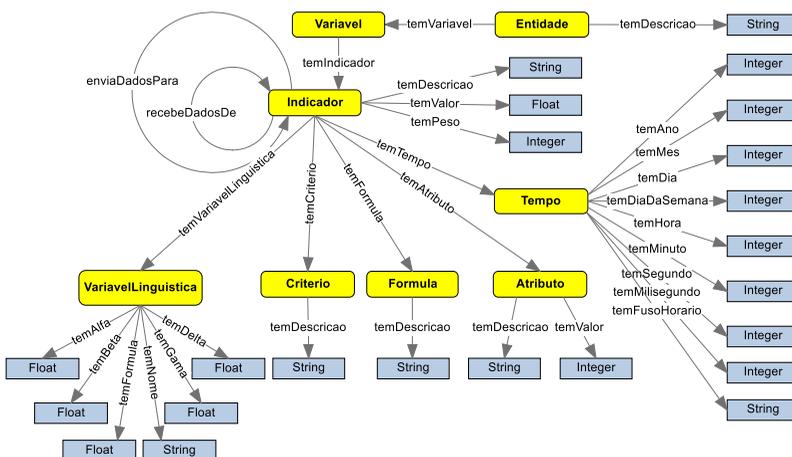
tradução dos termos da ontologia para o idioma Português, que figurava como uma das necessidades do planeamento realizado.

Assim, a classe tempo passa a integrar o modelo proposto, a ser detalhado na seção a seguir.

4.1.3. Modelo proposto

A ontologia empregada no modelo para representação de indicadores é classificada como ontologia de alto nível, posto que procura representar de forma genérica os indicadores. Esta ontologia é composta por oito classes: **Entidade**, **Variavel**, **Indicador**, **VariavelLinguistica**, **Critério**, **Formula**, **Atributo** e **Tempo**. A Figura 32 apresenta a ontologia proposta.

Figura 32 – Ontologia de alto nível para representação de indicadores



Fonte: O autor

A classe **Entidade** se relaciona com a classe **Variavel** através da propriedade “**temVariavel**” de modo a representar o relacionamento existente entre uma entidade e a variável a ser analisada, esta, por sua vez, composta por um ou mais indicadores.

A classe **Variavel** se relaciona com a classe **Indicador** através da propriedade “**temIndicador**” de modo a representar o relacionamento

existente entre um indicador e a variável avaliada a que este indicador se refere.

A classe **Indicador**, por sua vez, possui três propriedades. A primeira, “**temDescricao**”, possui o objetivo de descrever o indicador, identificando-o na ontologia. A segunda, chamada “**temValor**” indica o valor final do cálculo do indicador. Por fim, a propriedade “**temPeso**”, procura estabelecer a importância deste indicador no conjunto de indicadores instanciados pela ontologia. Esta propriedade pode ser empregada para localizar o peso do indicador em relação à passagem de tempo, permitindo uma classificação do indicador e de sua relevância a partir do tempo decorrido.

Ainda, como forma de representar os relacionamentos entre indicadores, o modelo implementa as propriedades “**enviaDadosPara**” e “**recebeDadosDe**”, que permitem indicar as ligações entre indicadores, seus relacionamentos e principalmente representar a necessidade de compartilhamento de dados entre eles.

A classe **Indicador** se relaciona com outras cinco classes, que procuram garantir-lhe significação: **VariavelLinguistica**, **Criterio**, **Formula**, **Atributo** e **Tempo**.

A classe **VariavelLinguistica** possui cinco propriedades: **temAlfa**, **temBeta**, **temGama**, **temDelta** e por fim as propriedades **temNome** e **temFormula**. Estas propriedades representam os valores relativos à função de pertinência difusa, sendo empregadas, portanto, para a representação das características de imprecisão e vaguidade presentes no indicador.

Há que se registrar que a nomenclatura adotada para as propriedades da classe “**VariavelLinguistica**” estão em consonância com o modelo de Bobillo *et al* (2007), divergindo dos termos apresentados na seção de fundamentação teórica, entretanto, totalmente equivalente.

A classe **Criterio** armazena as informações necessárias para a classificação do indicador representado, a partir das quais se pode definir a suficiência ou não dos valores apurados.

A classe **Formula** procura representar as formas de cálculo de um indicador, podendo variar de expressões aritméticas simples, como soma ou média, até complexas fórmulas matemáticas, necessárias para a apuração do valor numérico representado pelo indicador. Esta classe está ligada à classe **Indicador** pela propriedade “**temFormula**”.

A classe **Indicador** se relaciona ainda com a classe **Atributo** através da propriedade “**temAtributo**”. Esta classe possui o objetivo de representar características e variáveis implicadas na apuração do valor

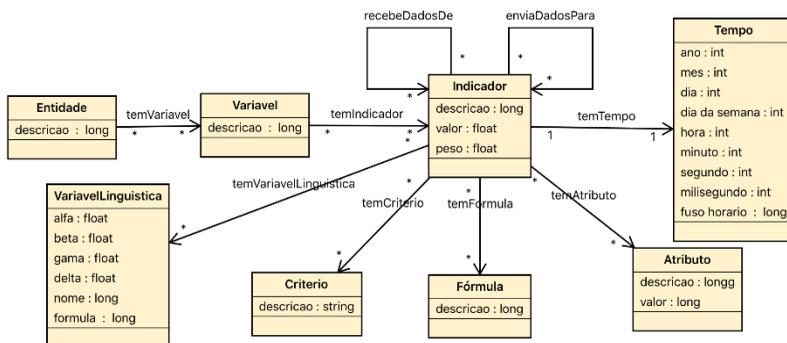
de representação do indicador modelado. Estes atributos, são, portanto, partes do processo de enriquecimento semântico dos indicadores, permitindo a descrição de elementos que os complementem e lhes garantam significado, além de possibilitar os dados necessários para a apuração de seu valor. A classe **Atributo** conta com duas propriedades: “**temDescricao**” e “**temValor**”. A primeira é responsável por descrever a característica a ser modelada, e a segunda a atribuir-lhe um valor.

Por fim, a ontologia apresenta a classe **Tempo**. Esta classe procura representar, através das propriedades “**temAno**”, “**temMes**”, “**temDia**”, “**temDiaDaSemana**”, “**temHora**”, “**temMinuto**”, “**temSegundo**”, “**temMilsegundo**” e “**temFuroHorario**” o instante de tempo em que o indicador descreve. As condições para apuração de um indicador são extraídas a partir de um instante de tempo, fornecendo subsídios para a apuração do valor de um indicador. Este instante deve ser preservado na representação de indicadores de modo a permitir um histórico de avaliação, bem como complementar a semântica da representação, posto que, ao conhecer-se o momento de tempo em que o indicador representa, pode-se realizar comparações e projeções futuras.

O tempo, no contexto de representação de indicadores de desempenho demonstrado nesta tese, é também um atributo, mas que, em razão de sua importância para o contexto dos indicadores de desempenho, foi representado de forma destacada, com uma classe exclusiva.

Por fim, a Figura 33 demonstra o modelo proposto utilizando-se a notação UML.

Figura 33 – Modelo representado em UML



Fonte: O autor.

Esta notação tem por objetivo demonstrar as multiplicidades nos relacionamentos entre as classes, evidenciando que cada uma das classes pode contar vários relacionamentos entre si, com exceção da classe tempo, onde um indicador deve representar apenas um momento no tempo. As demais classes podem ser utilizadas diversas vezes, sempre com o objetivo de melhorar a semântica do indicador representado.

A seguir, apresenta-se considerações especiais e destacadas sobre o modelo proposto, especialmente quanto aos aspectos de reuso, considerações sobre as classes “VariavelLinguistica” e “Variavel”.

4.1.3.1 Reuso

Um aspecto importante da ontologia proposta é o reuso de elementos já apresentados pela literatura científica da área. Com o objetivo de tratar a ambiguidade e a vaguidade presente em indicadores integrantes do *Balanced Scorecard*, Bobillo *et al.* (2009) propuseram a presença, na ontologia, da classe **VariavelLinguistica** (*LinguisticLabel*). De acordo com os autores, esta classe representa um conjunto difuso com uma função de pertinência especificada. Esta classe possui quatro propriedades de dados (**alpha**, **beta**, **gamma** e **delta**), que correspondem aos parâmetros da função de pertinência *difusa*, e duas propriedades chamadas **Nome** e **Formula**. Esta estrutura demonstrada por Bobillo *et al.* (2009) fora reutilizada no modelo proposto, com as adequações necessárias, permitindo que o tratamento difuso seja realizado.

Outro ponto de reutilização está nas propriedades **enviaDadosPara** e **recebeDadosDe**. Em seus estudos acerca da aplicação de indicadores de desempenho específicos para indústrias, Pintzos *et al.* (2012; 2013), os autores enfrentaram o desafio da representação semântica do relacionamento entre indicadores através das propriedades *givesDataTo* e *takesDataFrom*, expressando claramente no modelo ontológico os pontos de relacionamento entre os indicadores representados.

A classe “**Tempo**”, como amplamente demonstrada, também teve sua origem no princípio do reuso, de modo a contemplar soluções já experimentadas pela literatura científica, contribuindo com a representação semântica no modelo proposto.

4.1.3.2 Classe “Variavel” enquanto agregadora

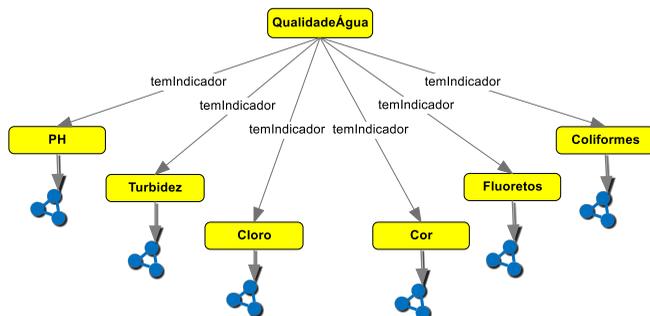
Indicadores de desempenho são utilizados para a avaliação e o acompanhamento de determinados produtos ou processos nas organizações. Entretanto, em algumas situações, um indicador apenas não é suficiente para representar a complexidade presente em determinados processos, exigindo um conjunto de indicadores que, articulados, definem as metas a serem alcançadas ou que compõem um objetivo global a ser avaliado.

Esta situação pode ser exemplificada a partir da análise de qualidade de água para consumo humano. Esta qualidade somente pode ser apurada a partir da análise conjunta de um grupo de indicadores que representam aspectos diferentes, mas necessários, para a constituição de uma amostra de água que atenda aos padrões de qualidade exigidos pela legislação brasileira. Assim, com base nas normas vigentes, podemos afirmar que uma amostra de água a ser considerada própria para consumo humano deve atender a determinados requisitos mínimos para os indicadores de: PH, turbidez, cloro, cor, fluoretos e coliformes.

Individualmente, estes indicadores representam aspectos isolados da qualidade da água, mas são insuficientes para representar a complexidade do objetivo a ser avaliado, qual seja, a qualidade da água em si.

O modelo proposto aborda esta necessidade a partir da classe “**Variavel**” e das propriedades **recebeDadosDe** e **enviaDadosPara**. Assim, na representação dos indicadores que compõem o objetivo de apuração da qualidade da água, a classe “**Variavel**” indicada para todos eles será justamente aquela que representa o objetivo a ser alcançado, podendo ser chamado neste caso hipotético de “Qualidade da água”. As propriedades **recebeDadosDe** e **enviaDadosPara**, por sua vez, são empregadas para definir os relacionamentos destes indicadores. Assim, passamos a construir uma rede de indicadores (Figura 34) inter-relacionada e que permite diversas atividades de raciocínio através da ontologia.

Figura 34 – Conjuntos de indicadores



Fonte: O autor.

Em outras palavras, podemos afirmar que PH, turbidez, cloro, cor, fluoretos e coliformes, que são indicadores isolados e possuem métodos e fórmulas próprias para o seu cálculo, critérios de avaliação e atributos particulares, compõem, todos, uma variável chamada “Qualidade da água”, que por sua vez é também representada como um indicador que recebe dados através do relacionamento com estes indicadores.

Desta forma, por exemplo, quando o foco é o indicador PH, a qualidade da água é a sua variável, ou seja, o seu objetivo macro ou o seu agregador, para quem ele envia dados através da propriedade de relacionamento “**enviaDadosPara**”. Por outro lado, quando o foco recai sobre a qualidade da água em si, esta passa a ser representada como um indicador que recebe dados de todos os demais indicadores e a partir destes dados, que são representados como atributos do agora indicador “Qualidade da Água”, pode-se apurar o nível de qualidade e inclusive realizar a avaliação a partir dos critérios definidos pela classe “**Critério**”.

Assim, durante o processo de raciocínio, pode-se percorrer a ontologia a partir dos relacionamentos estabelecidos e identificar-se, entre outros fatores, qual destes indicadores que compõem a qualidade da água está impedindo, por exemplo, que se satisfaça um objetivo determinado ou esperado para esta medida de qualidade.

4.1.3.3 Classe “VariavelLinguistica”

De acordo com a literatura, muitos indicadores de desempenho podem ser representados a partir de uma variável linguística, como “bom” ou “ruim”, “alto” ou “baixo”, “adequado” ou “inadequado”. Estas variáveis linguísticas são representadas no modelo pela classe “**VariavelLinguistica**”.

A classe **VariavelLinguistica** possui cinco propriedades: **temAlfa**, **temBeta**, **temGama**, **temDelta** e por fim as propriedades **temNome** e **temFormula**. Estas propriedades representam os valores relativos à função de pertinência difusa, sendo empregadas, portanto, para a representação das características de imprecisão e vaguidade presentes no indicador.

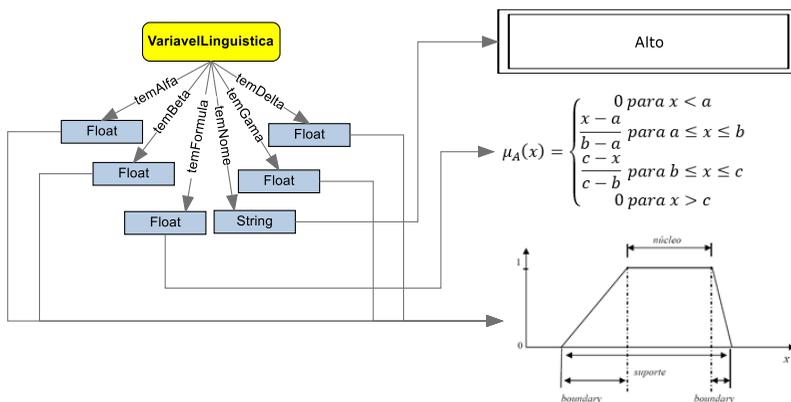
A lógica difusa prevê a representação de incertezas a partir do uso de funções de pertinência, como especificado pela revisão de literatura realizada. Esta função de pertinência tem por objetivo delimitar o conjunto de elementos que são representados por uma determinada variável linguística, podendo ser expressa através de uma fórmula matemática.

A propriedade “**temFormula**”, então, é responsável pela representação da fórmula matemática que representa a função de pertinência escolhida para a representação do conjunto difuso analisado (ver seção 2.3.2.4). As propriedades “**temAlfa**”, “**temBeta**”, “**temGama**” e “**temDelta**” são empregadas para a representação dos valores ou pontos de limite da função de pertinência definida.

Por fim, a propriedade “**temNome**” representa a variável linguística a ser representada.

A Figura 35 apresenta as relações da teoria de lógica difusa com as propriedades da classe “**VariavelLinguistica**” especificada no modelo proposto.

Figura 35 – Relação da classe “VariavelLinguistica” e a lógica difusa



Fonte: O autor.

Após o detalhamento do modelo, a seção a seguir apresenta uma aplicação prática, em um cenário de uso.

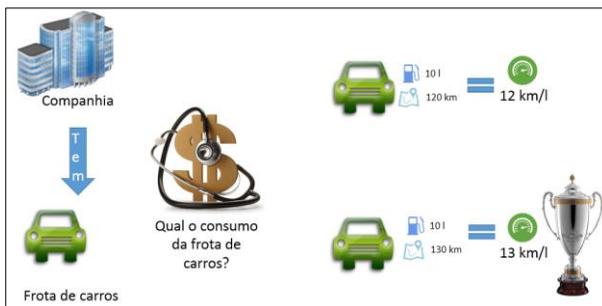
4.1.4 Cenário de uso

A ontologia de alto nível proposta pode ser especializada, originando uma ontologia de domínio, isto é, que busca representar um domínio específico.

Para esta aplicação podemos, hipoteticamente, simular um cenário em que uma companhia de locação de veículos, com atuação em todo o território nacional, necessita analisar o consumo de sua frota de carros. Para isto, coletou dados de consumo destes veículos e analisou sua eficiência. A Figura 36 procura evidenciar esta situação, sugerindo para este cenário hipotético o consumo de cada um dos carros analisados.

Ao analisarmos os dados fornecidos, percebe-se que o primeiro veículo percorreu 120 km, empregando 10 litros de combustível, perfazendo um desempenho de 12 km/l. Por outro lado, o segundo veículo percorreu 130 km, empregando os mesmos 10 litros de combustível, garantindo-lhe um desempenho de 13 km/l. Estas informações levam-nos a concluir que o segundo veículo, é, portanto, o mais econômico.

Figura 36 – Demonstração do cenário de uso



Fonte: O autor.

Entretanto, de acordo com INMETRO (2015), o consumo de combustível de um veículo pode ser influenciado por diversos fatores externos, inclusive características climáticas, ambientais, de relevo, tais como temperatura, vento, etc. Assim, para a simples tarefa de avaliar a eficiência de um veículo, torna-se fundamental que se conheça em quais condições climáticas este veículo percorreu a distância analisada, levando-se em consideração estas e todas as demais variáveis envolvidas no consumo de combustível de um automóvel.

Neste caso hipotético, considerando que os mesmos veículos analisados estão localizados em diferentes regiões de um país continental como o Brasil, onde as condições climáticas, ambientais e de relevo podem ser completamente diferentes em um determinado período do ano, torna-se ainda mais importante conhecer estas variáveis.

A Figura 37 apresenta algumas considerações acerca dos dois veículos analisados. De acordo com estas novas informações, o primeiro veículo está localizado na região norte do Brasil, onde em determinada época do ano a temperatura média é de 35° Celsius, a velocidade média dos ventos é de 10 km/h e a demanda de ar condicionado é, em média, de 8 horas por dia. O segundo veículo, por sua vez, encontra-se na região sul do país, onde, na mesma época do ano, a temperatura média é de 15° Celsius, os ventos são de 20 km/h e não há necessidade de uso de ar condicionado.

Conhecidas estas variáveis, o cálculo e a comparação destes dois veículos deixa de ser uma tarefa trivial e demanda maior reflexão, a fim de apurar a real eficiência de cada um dos dois veículos para, então, realizar a comparação de forma mais efetiva e precisa.

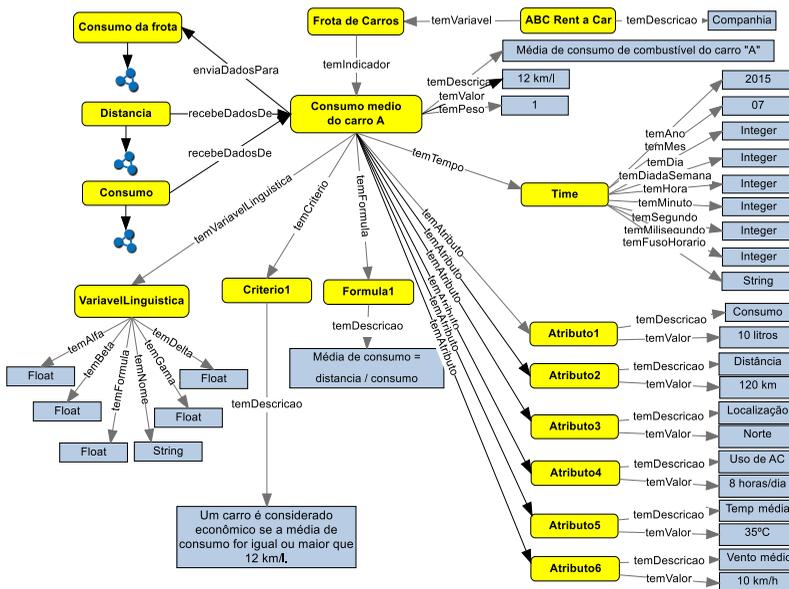
Figura 37 – Novas informações sobre o cenário de uso



Fonte: O autor.

A Figura 38 demonstra a extensão da ontologia de alto nível proposta, constituindo-se em uma ontologia para a representação do domínio de aferição do consumo de um veículo, integrante de uma frota, de modo a considerar outras variáveis envolvidas na constituição do indicador de consumo do veículo.

Figura 38 – Ontologia de domínio



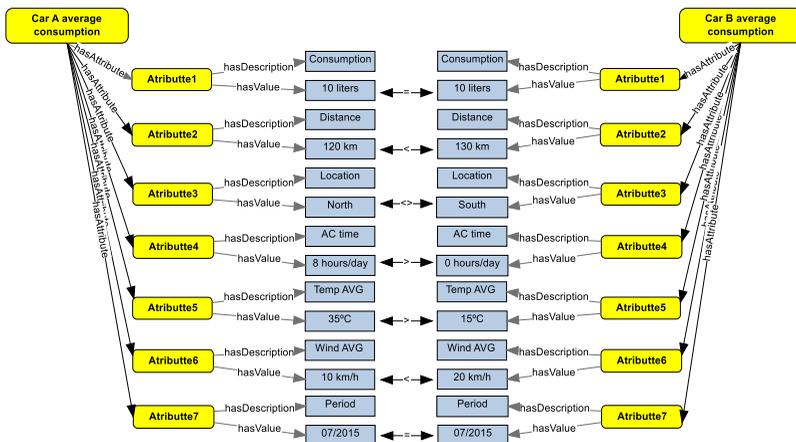
Fonte: O autor

No exemplo apresentado pela Figura 38 tem-se que a instância “Consumo médio do carro A” recebe dados das classes (indicadores) **Distância** e **Consumo**, que por sua vez são representados também por uma ontologia semelhante, posto que também são indicadores. Estes dados são empregados como atributos do indicador “Consumo médio do carro A”, para, depois de aplicada a fórmula, obter-se o valor correspondente. Após o processamento do indicador “Consumo médio do carro A”, este envia dados para a classe (indicador) “Consumo da Frota”, isto é, contribuindo hipoteticamente para a apuração do consumo de uma frota da qual o carro “A” é apenas um dos integrantes.

Por outro lado, o modelo proposto já se mostrou eficiente na representação de indicadores de desempenho, permitindo a comparação destes indicadores. No trabalho de FREITAS JUNIOR *et al.* (2015), os autores apresentaram uma aplicação deste modelo, no domínio de consumo de frota de veículos, demonstrando a contribuição na comparação de indicadores. A Figura 39 demonstra a comparação do

consumo de dois veículos a partir da análise das variáveis propostas pela literatura.

Figura 39 – Comparação de indicadores com base no modelo proposto



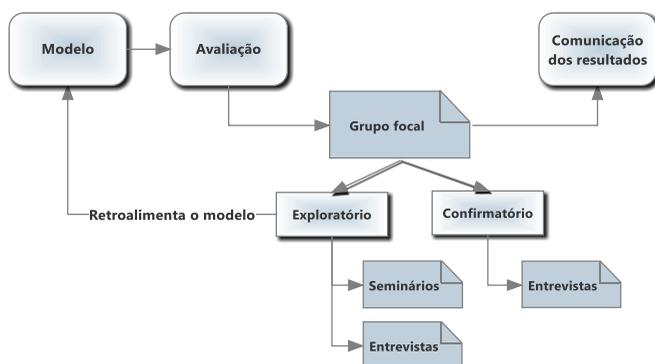
Fonte: FREITAS JUNIOR *et al.* (2015)

A seção a seguir apresenta os procedimentos adotados para a validação do modelo, sendo complementada pelo Apêndice D, que demonstra cinco diferentes cenários de aplicação da ontologia, colhidos do processo de avaliação através da construção de uma representação de um indicador, pelo especialista de domínio, utilizando-se o modelo proposto nesta tese.

5 AVALIAÇÃO DO MODELO

A avaliação do modelo proposto ocorreu a partir da aplicação de grupos focais, em dois momentos distintos: na fase exploratória e fase confirmatória, conforme delimitado na seção de aspectos metodológicos e demonstrado pela Figura 40.

Figura 40 – O processo de avaliação do modelo



Fonte: O autor

As seções a seguir detalharão cada uma das fases empregadas para a verificação do modelo.

5.1 FASE EXPLORATÓRIA

A primeira fase do processo de avaliação, denominada de exploratória, teve por função a avaliação preliminar realizada pela comunidade acadêmica consultada. Esta primeira etapa foi relevante na medida em que forneceu subsídios para a melhoria do modelo proposto a partir das opiniões de pesquisadores habituados com a temática apresentada.

Além disso, evidenciou aspectos a serem consultados por ocasião da segunda fase, confirmatória.

Esta primeira etapa foi realizada durante o período de junho a novembro de 2015, no Reino Unido, por ocasião da visita à *Aston*

University, na cidade de Birmingham, tendo sido dividida em dois momentos: seminários e reuniões individuais.

5.1.1 Seminários

Realizou-se três seminários de pesquisa com o título “*Time Representation Ontology in the context of Performance Measurement Indicators*”, a seguir especificados:

- O primeiro foi realizado junto ao grupo de pesquisa em *Data Envelopment Analysis* (DEA), da *Aston Business School*, *Aston University*, na cidade de Birmingham, Inglaterra, no dia 15 de outubro de 2015, com a presença de aproximadamente 10 pesquisadores.
- O segundo seminário foi realizado junto ao *Operations & Information Management Group* da *Aston Business School*, *Aston University*, na cidade de Birmingham, Inglaterra, no dia 09 de novembro de 2015, com a presença de aproximadamente 10 pesquisadores.
- O terceiro seminário foi realizado junto ao *Knowledge Media Institute*, da *Open University*, na cidade de Milton Keynes, Inglaterra, no dia 11 de novembro de 2015, com a presença de aproximadamente 20 pesquisadores.

Os seminários possuíram a duração de uma hora cada, sendo vinte minutos para a explanação do modelo e outros quarenta minutos para discussões e perguntas. Durante os eventos, a problemática da representação semântica de indicadores de desempenho, considerando-se a vaguidade, imprecisão, temporalidade e relacionamento entre indicadores fora amplamente discutida, com especial destaque para a participação do tempo. O modelo proposto foi analisado pelos presentes e coletadas informações que puderam subsidiar a melhoria da proposta, bem como a sua validação.

A Figura 41 apresenta o convite disponibilizado pela *Open University* para um dos seminários realizados, enfatizando um resumo do tema abordado.

Figura 41 – Seminário de pesquisa realizado

The Open University | Study at the OU | Research at the OU | OU Community | About the OU

Time representation ontology in the context of performance measurement indicators
Junior Freitas

This event took place on 11th November 2015 at 11:30am (11:30 GMT)
Knowledge Media Institute, Berrill Building, The Open University, Milton Keynes, United Kingdom, MK7 6AA

Performance measurement indicators are widely used by organizations in order to assess, measure and classify organizational performance. As part of performance measurement systems, indicators are often shared or compared to different internal sectors of the organization, or even with other companies. However, some indicators are associated with vagueness and imprecision. In these cases, literature related to time representation can clarify the need for the semantic representation of indicators. This work seeks to analyse the studies available, selected after bibliometric review, on the semantic representation of time through ontologies. The purpose of this is to identify a knowledge model which best served the purpose of representing time in the performance indicators' context. After applying the METHONTOLOGY methodology, it was concluded that the most suitable option is the SWRL Temporal Ontology, due to its ability to represent fine levels of granularity for points of time.

The webcast was open to 1000 users

Fonte: KNOWLEDGE MEDIA INSTITUTE, 2015

Após a realização dos seminários e das discussões subsequentes, colheu-se as sugestões resumidas no Quadro 10:

Quadro 10 – Considerações colhidas nos seminários

EVENTO	CONSIDERAÇÕES
<i>Aston Business School</i> 15/10/2015	- Discussões acerca da representação de eficiência
<i>Aston Business School</i> 09/11/2015	- Uso do conceito de eficiência no cenário proposto como exemplo de uso - Inclusão de entrevistas individuais no processo de avaliação do modelo, enquanto subsídio qualitativo
<i>Open University</i> 11/11/2015	- Sugestão do aumento da granularidade de tempo, incluindo-se DST, UTP, pansegundos - Sugestão para vinculação do tempo com a medida e não com o indicador em si - Como representar um carro se deslocamento no tempo e espaço, por condições ambientais diferentes? - Como tratar dados históricos? - Sugestão para criar convenções de nomes

	para instâncias da ontologia de tempo
--	---------------------------------------

Após a etapa de seminários, realizou-se entrevistas individuais especificadas na seção a seguir.

5.1.2 Entrevistas

Em sequência às atividades, realizou-se entrevistas individuais com pesquisadores, com o propósito de coletar subsídios para o aprimoramento e avaliação do modelo.

Foram realizadas duas entrevistas, com duração de uma hora cada, em horário e local especificados pelos entrevistados, que foram selecionados a partir de suas disponibilidades e familiaridade com o tema estudado. As reuniões estão identificadas nos Quadros 11 e 12, a seguir.

Quadro 11 – Entrevistado A

IDENTIFICAÇÃO	Entrevistado A
DATA	10/11/2015
HORA	10h
LOCAL	<i>Aston Business School, Birmingham, UK</i>
CURRÍCULO	Possui graduação em Engenharia de Produção Química, mestrado em Administração e doutorado em Engenharia de Produção. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Logística, atuando principalmente nos seguintes temas: logística, excelência logística, medição de desempenho, <i>supply chain</i> e varejo. Ocupa a posição de <i>Teaching Fellow</i> junto à <i>Aston Business School</i> .
CONSIDERAÇÕES	<ul style="list-style-type: none"> - Modelo considerado adequado. - Evidenciar melhor a necessidade de tempo. - Modelo pode ser aplicado em um caso de gerenciamento de frota, especialmente para comparação entre eficiência de transporte noturno e diurno, e a partir de outras variáveis. - Tempo deve ser categorizado, como atributo, mas pode ser representado de forma particular,

	em razão da necessidade de atenção especial a este atributo.
--	--

Fonte: O autor.

Quadro 12 – Entrevistado B

IDENTIFICAÇÃO	Entrevistado B
DATA	12/11/2015
HORA	12h
LOCAL	<i>Aston Business School</i> , Birmingham, UK
CURRÍCULO	Graduação e Mestrado em Engenharia de Produção. Doutorado em Gestão. Ocupa a posição de <i>Lecturer in Operations Management</i> na <i>Aston University</i> . Sua atuação de pesquisa se concentra em gestão e estratégia ambiental, gestão e estratégia da tecnologia e da produção, dentre outros temas ligados à sustentabilidade (transporte, energia, desenvolvimento econômico sustentável, etc.).
CONSIDERAÇÕES	<ul style="list-style-type: none"> - Modelo considerado adequado. - Recomendações quanto ao nome do grupo focal confirmatório, evitando-se divulgar isto aos entrevistados na última fase de avaliação, uma vez que esta palavra pode influenciar suas opiniões. - Sugestão para avaliar a utilidade, viabilidade e usabilidade. - Analisar a aplicação da Teoria Econômica da Utilidade.

Fonte: O autor.

Após a realização das duas etapas que compõem a fase exploratória, ajustes foram realizados no modelo, bem como no planejamento da fase seguinte.

5.1.3 Ajustes no modelo

Após a realização da fase exploratória, ajustes mostraram-se importantes no modelo proposto, tais como:

- Acréscimo de outras granularidades à representação de tempo.
- Realização de reuniões individuais para a coleta de impressões de forma mais aprofundada.
- Seleção de dimensões a serem exploradas por ocasião da fase confirmatória.
- Recomendações quanto aos procedimentos a serem realizados na fase confirmatória.

5.2 FASE CONFIRMATÓRIA

A fase confirmatória foi composta de entrevistas com especialistas de domínio, compondo grupo focal com o objetivo de aferir a completude do modelo, o grau de influência em relação às classes do modelo para a tomada de decisão bem como a sua avaliação geral.

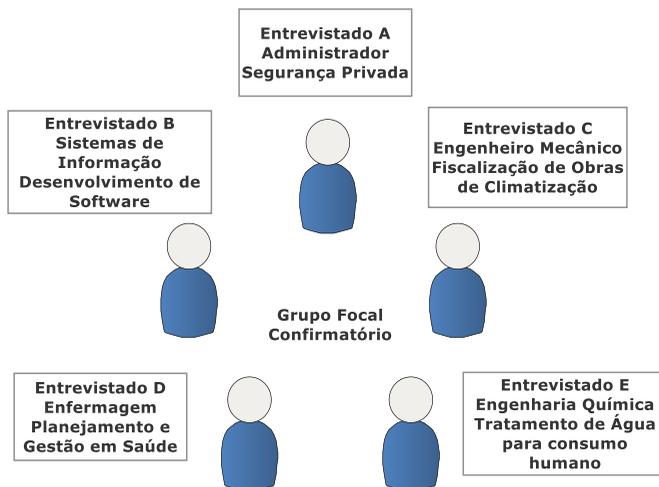
5.2.1 Perfil dos participantes

Os participantes foram selecionados a partir de suas familiaridades com o uso de indicadores para a tomada de decisão, suas posições estratégicas nas organizações a que representam e a diversidade de áreas de atuação.

Compuseram o grupo focal confirmatório cinco gestores das áreas de: segurança privada, desenvolvimento de software, fiscalização de obras de climatização, planejamento e gestão em saúde e tratamento de água para consumo humano.

A Figura 42 apresenta o perfil dos participantes do grupo focal confirmatório.

Figura 42 – Perfil dos participantes do grupo focal confirmatório



Fonte: O autor.

As entrevistas são detalhadas na seção a seguir.

5.2.2 Entrevistas

As entrevistas foram realizadas conforme roteiro disposto no Apêndice C e dividida em três dimensões principais: (i) identificação dos participantes, (ii) avaliação da importância das classes do modelo e (iii) avaliação geral do modelo proposto.

A primeira dimensão buscou coletar dados a respeito da identificação dos participantes, tais como nome, e-mail, formação, empresa de atuação, posição nesta empresa e sua área de experiência na tomada de decisão.

Na segunda dimensão, buscou-se coletar as impressões dos participantes acerca de cada uma das classes do modelo, que configuram elementos considerados importantes para o processo de representação de indicadores de desempenho. Estas impressões se configuram no grau de confiança e de influência que cada uma destas classes tem no processo de tomada de decisão.

A terceira dimensão, por fim, buscou conhecer a avaliação final dos participantes acerca do modelo.

Um momento importante do processo avaliativo foi o de construção da representação de um indicador de desempenho proveniente do domínio específico representado pelos participantes, constituindo-se fase de simulação e instanciação da ontologia de modo a oferecer aos participantes o conhecimento profundo de seu funcionamento, relacionamentos e constituição. O resultado deste processo está detalhado na seção a seguir, juntamente com as respostas da avaliação com os dois grupos focais de gestores para as questões abordadas na entrevista.

5.2.3 Resultados

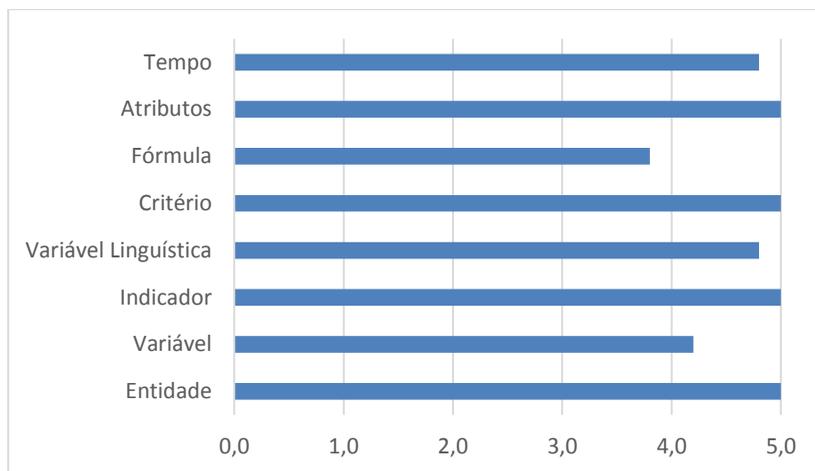
A dimensão 1 procurou identificar o perfil dos participantes. Suas formações, em nível superior, são: administração, sistemas de informação, engenharia mecânica, enfermagem e engenharia química. As posições que ocupam nas respectivas organizações são: gerente geral, diretor, assessor de engenharia, enfermeira assistencial de ambulatório especializado em mama e planejamento e engenheira química.

A dimensão 2, por sua vez, buscou analisar a relevância de cada uma das classes do modelo apresentado, que representavam aspectos de representação de indicador de desempenho.

Após as discussões, os entrevistados foram apresentados a uma escala que variava de 0 a 5, onde 0 representava a ausência de influência da classe para a tomada de decisão no uso de indicador de desempenho e 5 representava grande influência da classe neste processo.

A Figura 43 apresenta os resultados consolidados, utilizando-se média aritmética simples, das impressões dos entrevistados.

Figura 43 – Avaliação das classes do modelo



Fonte: O autor.

Analisando-se a Figura 43 é possível afirmar que todas as classes apresentadas para a representação de indicadores de desempenho são consideradas relevantes para os entrevistados e ocupam papel importante no processo de tomada de decisão a partir do uso destes indicadores.

A questão 2.9, do roteiro de entrevista do grupo focal (Apêndice C), procurou garantir a possibilidade dos entrevistados de incluírem novas classes ou novos aspectos ao modelo de representação de indicadores. Mesmo assim, todos foram unânimes em confirmar a completude da proposta. Especial destaque se dá às afirmações do Entrevistado D: “o modelo contempla todas as facetas, especialmente a classe atributo”.

Durante a realização das entrevistas, a classe “atributo” ganhou especial atenção dos entrevistados, tendo sido reconhecida como útil para a representação de todos os demais fatores que influenciam a análise de um indicador, ainda que não diretamente ligados à composição de seu valor.

A dimensão 3, por fim, procurou extrair a avaliação geral do modelo a partir da perspectiva dos entrevistados. A Figura 44 apresenta uma síntese desta avaliação.

Figura 44 – Avaliação geral do modelo



Fonte: O autor.

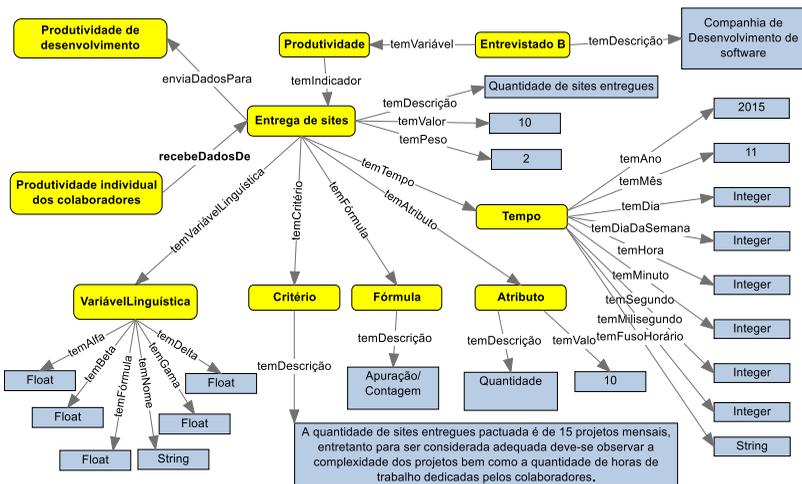
O modelo foi considerado adequado pela totalidade dos entrevistados, conforme depreende-se da Figura 44. Ainda da mesma figura, pode-se verificar a necessidade de melhor explicitação dos dados que compõem um indicador, nos domínios que representam os entrevistados.

Os entrevistados “A”, “D” e “E” confirmam as dificuldades apresentadas na literatura com a vaguidade, imprecisão e falta de semântica presentes nos indicadores de desempenho.

Neste particular, alguns exemplos puderam ser extraídos dos indicadores modelados pelos especialistas de domínio durante o processo de avaliação. Um deles diz respeito ao indicador “**média de tempo de atendimento**” (Figura 45), utilizado por uma companhia de segurança privada para aferir o nível de qualidade do serviço prestado (Entrevistado A).

Neste indicador, o sistema utilizado pela organização deixa de considerar fatores como a distância a ser percorrida pelo atendente no momento do chamado, bem como sua localização quando do recebimento deste chamado. De acordo com o especialista, estas informações são cruciais para poder classificar como “bom” ou “ruim” o tempo de resposta da operação, tornando o indicador completamente desprezível para a avaliação de desempenho da organização.

Figura 46 – Indicador “entrega de sites”

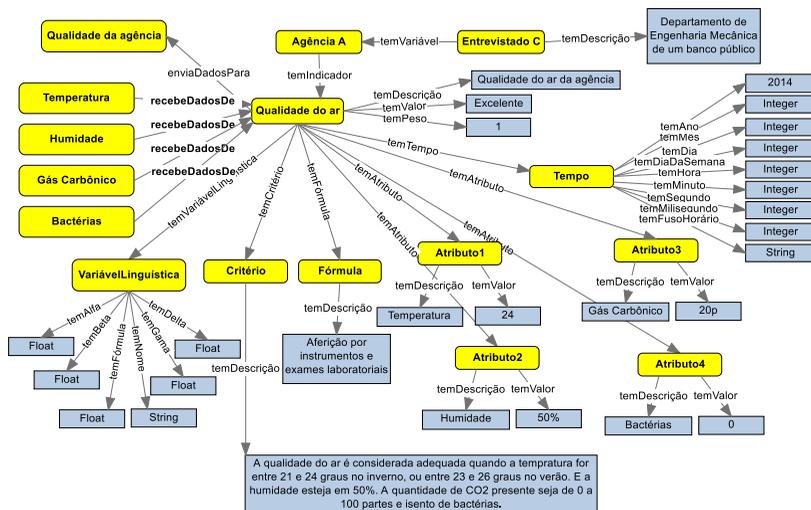


Fonte: Entrevistado B.

O Entrevistado C apresenta o indicador “qualidade do ar”. Este indicador é aferido anualmente nas agências bancárias atendidas pelo Entrevistado e relaciona-se com outros indicadores, recebendo dados de “temperatura”, “humidade”, “gás carbônico” e “bactérias”. Estas informações, por sua vez, são aferidas através de instrumentos e dependem de exames laboratoriais realizados. Por outro lado, ele envia dados para outro indicador chamado “qualidade da agência”, que reúne informações a respeito da ergonomia, limpeza, acessibilidade, entre outros fatores.

A Figura 47 apresenta a modelagem realizada a partir do conhecimento do especialista.

Figura 47 – Indicador “qualidade do ar”

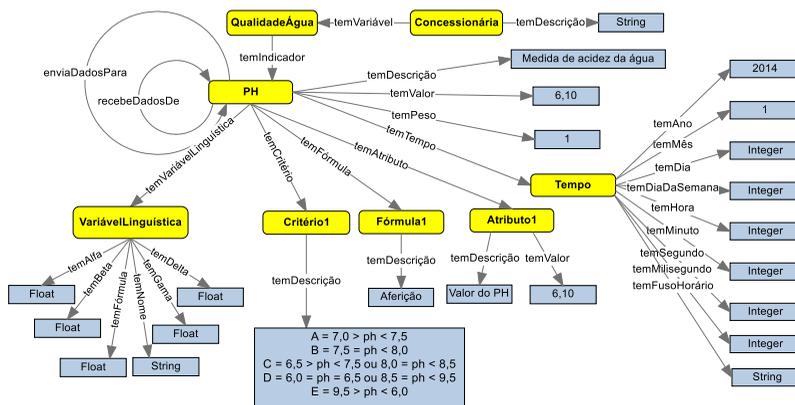


Fonte: Entrevistado C.

O indicador “proporção de resultados alterados nas mamografias de rastreamento”, empregados pelo Entrevistado D para a avaliação de desempenho de um serviço municipal de saúde demonstra, igualmente, a necessidade de semântica para a correta interpretação e comparações entre indicadores de desempenho. Este indicador, representado pela Figura 48, refere-se ao percentual de pacientes que, ao submeterem-se aos exames adequados, receberam indicação para aprofundar a pesquisa no sentido de detectar e tratar o câncer de mama. Um padrão internacional é estabelecido (3,7% a 21,3%), entretanto, de acordo com o Entrevistado, a avaliação deste indicador deve considerar uma série de outros fatores que não apenas a contagem sistemática dos exames com resultado suspeito. A qualidade dos equipamentos utilizados para a realização destes exames, por exemplo, pode influenciar sobremaneira a quantidade de pacientes detectados, o que poderia impactar negativamente a avaliação de qualidade do serviço de prevenção de câncer de mama. Outro fator a ser considerado, segundo o Entrevistado, é a resposta da população ao chamado da Secretaria Municipal de Saúde para a realização dos exames. Quanto maior o número de pessoas

inaptidão da amostra para que o processo possa ser melhor controlado e aprimorado. Por outro lado, duas amostras consideradas “aptas” não são iguais, de maneira que a comparação deste indicador fica prejudicada por não se possuir o pleno conhecimento dos detalhes de sua aferição. Ainda do mesmo domínio, uma amostra de água coletada e analisada de um poço artesiano deve ser considerada “inapta”, de acordo com a legislação, se não apresentar cloro. Entretanto, ela pode ser perfeitamente utilizada para consumo humano se os outros atributos deste indicador estiverem dentro dos parâmetros recomendados, como a ausência de contaminação por coliformes fecais. A Figura 49 apresenta um exemplo de um indicador muito utilizado no processo de aferição da qualidade da água para consumo humano.

Figura 49 – Indicador “PH da água para consumo humano”



Fonte: Entrevistado E.

As entrevistas realizadas com os grupos focais, nas fases exploratória e confirmatória, apresentam muitas evidências no sentido de reafirmar a validade do modelo para a representação de indicadores de forma semântica, considerando-se sua imprecisão, vaguidade, temporalidade e relacionamento com outros indicadores, constituindo-se, inclusive, em amplo material para pesquisas futuras.

5.2.4 Simulação do uso da lógica difusa

Para efeitos de simulação do uso da lógica difusa, no sentido de tratar a imprecisão e vaguidade presentes em indicadores de desempenho, utilizou-se o exemplo apresentado pelo Entrevistado A, representado na Figura 45. O indicador “**média de tempo de atendimento**” consiste na apuração do tempo necessário para a conclusão de uma chamada em uma empresa de segurança privada. Entende-se por tempo de atendimento o interstício de tempo compreendido entre o recebimento da chamada até a declaração de seu encerramento, realizado pelo funcionário responsável pela verificação *in loco*. De acordo com o especialista, este tempo é medido em minutos e deve ser o menor possível, podendo ser relativizado levando-se em consideração as variáveis linguísticas “**curto**”, “**médio**” e “**longo**”. Reconhece também que a distância deveria ser considerada nesta representação, conforme já explicitado na seção anterior.

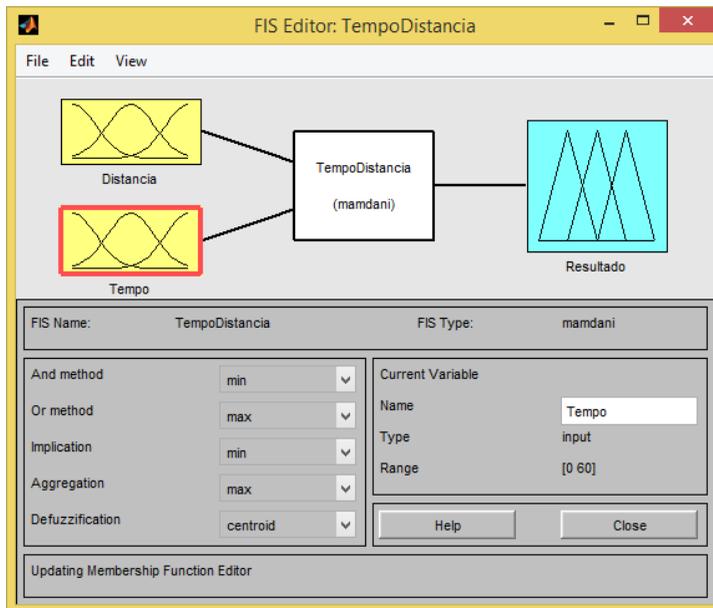
Assim, para as simulações do uso da lógica difusa utilizou-se o módulo *Fuzzy Logic Toolbox 2.2.16*, da ferramenta MatLab®, em sua versão R2012b.

A primeira etapa compreendeu a modelagem do sistema difuso, definindo-se as suas entradas e saídas.

Considerando a necessidade apresentada pelo caso concreto, e com a supervisão do especialista de domínio, definiram-se duas entradas para o tratamento difuso: distância e tempo. Para o tratamento dos valores apresentados, construiu-se uma base de conhecimento utilizando-se regras **Mamdani** a partir do conhecimento do especialista. Definiu-se também uma saída do sistema denominada “resultado” para efeitos desta simulação.

A Figura 50 demonstra o esquema construído com a ferramenta MatLab® explicitando a articulação entre as variáveis de entrada, a base de regras e a saída especificada.

Figura 50 – Modelagem do sistema difuso



Fonte: O autor.

A entrada denominada “distância” compreende a distância percorrida pelo funcionário da empresa de segurança privada quando do atendimento da chamada recebida. De acordo com o especialista, os valores aceitáveis para esta variável oscilam entre 0 e 100 quilômetros, definida a partir do escopo de atuação da companhia. Assim, definiu-se seu *range* como [0 100]. As funções de pertinência são especificadas no Quadro 13.

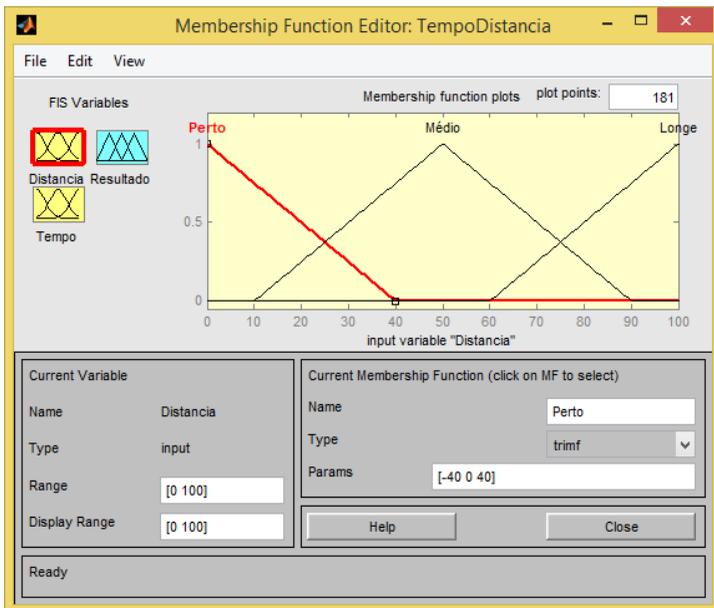
Quadro 13 – Funções de pertinência da entrada “distância”

NOME	FUNÇÃO	PARÂMETROS
Perto	Triangular	[-40 0 40]
Médio	Triangular	[10 50 90]
Longe	Triangular	[60 100 140]

Fonte: Conhecimento do especialista

A Figura 51 apresenta os detalhes da modelagem desta variável.

Figura 51 – Entrada “distância”



Fonte: O autor.

A entrada denominada “tempo” compreende o tempo utilizado desde o recebimento da chamada até o seu encerramento, realizado após a visita *in loco* do profissional destacado pela companhia. De acordo com o especialista, os valores aceitáveis para esta variável oscilam entre 0 e 60 minutos, definida a partir do escopo de atuação da companhia. Assim, definiu-se seu *range* como [0 60]. As funções de pertinência são especificadas no Quadro 13.

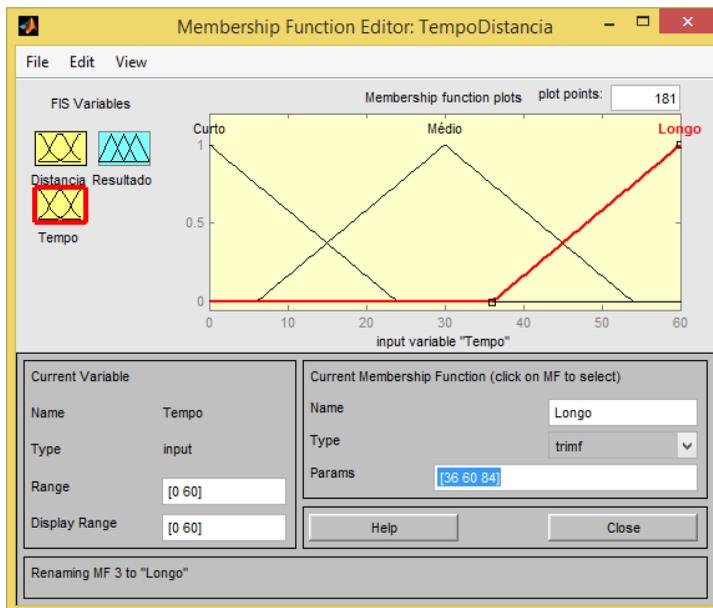
Quadro 14 – Funções de pertinência da entrada “tempo”

NOME	FUNÇÃO	PARÂMETROS
Curto	Triangular	[-24 0 24]
Médio	Triangular	[6 30 54]
Longo	Triangular	[36 60 84]

Fonte: Conhecimento do especialista

A Figura 52 apresenta os detalhes da modelagem desta variável.

Figura 52 – Entrada “tempo”



Fonte: O autor.

Para o tratamento destas entradas, desenvolveu-se a partir da *expertise* do especialista, uma base de conhecimento utilizando-se regras Mamdani, demonstradas no Quadro 15.

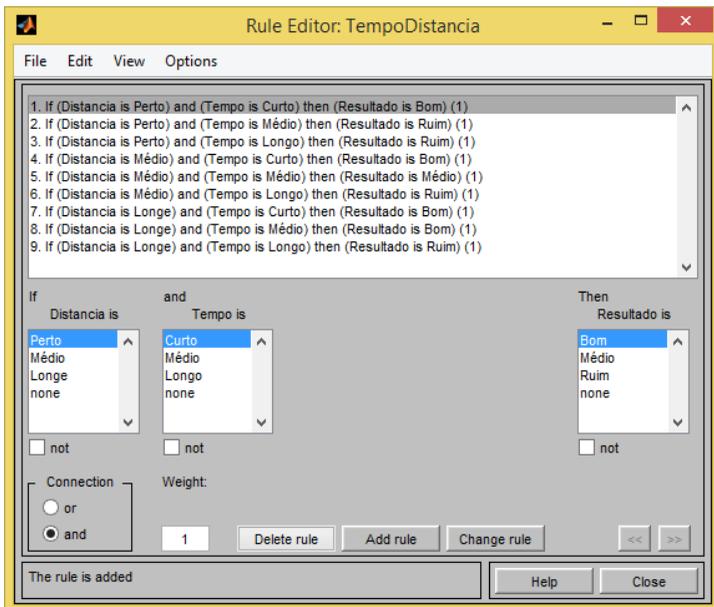
Quadro 15 – Base de conhecimento

Tempo \ Distância	Curto	Médio	Longo
Perto	Bom	Ruim	Ruim
Médio	Bom	Médio	Ruim
Longa	Bom	Bom	Ruim

Fonte: Conhecimento do especialista

A Figura 53 demonstra a modelagem da base de conhecimento através da ferramenta selecionada.

Figura 53 – Base de conhecimento



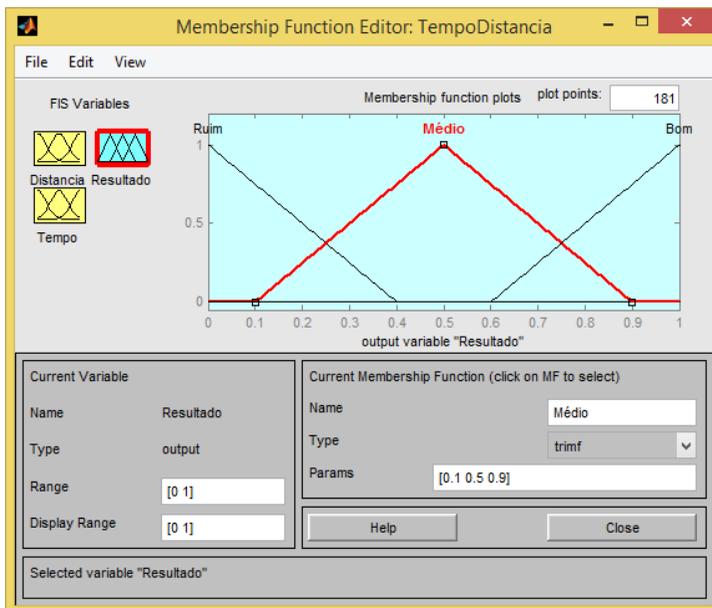
Fonte: O autor.

A saída do sistema foi modelada a partir do “resultado”. Este processo contou com três funções de pertinência chamadas “ruim”, “médio” e “bom”, com os respectivos parâmetros: $[-0.4 \ 0 \ 0.4]$, $[0.1 \ 0.5 \ 0.9]$ e $[0.6 \ 1 \ 1.4]$.

Esta saída, considerada como a etapa de defuzzificação, está apoiada pelo método centroide, definido em todas as entradas do sistema. Da mesma forma, as funções de pertinência utilizadas são do tipo triangulares.

A Figura 54 detalha a saída “resultado”, demonstrando graficamente os limites de atuação de cada uma destas funções, bem como as variáveis linguísticas associadas a elas.

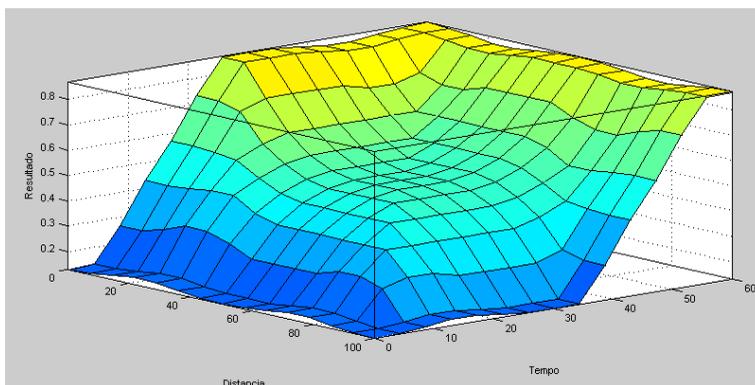
Figura 54 – Saída “resultado”



Fonte: O autor.

A Figura 55 demonstra a superfície 3D da relação entre tempo e distância especificada a partir da base de conhecimento.

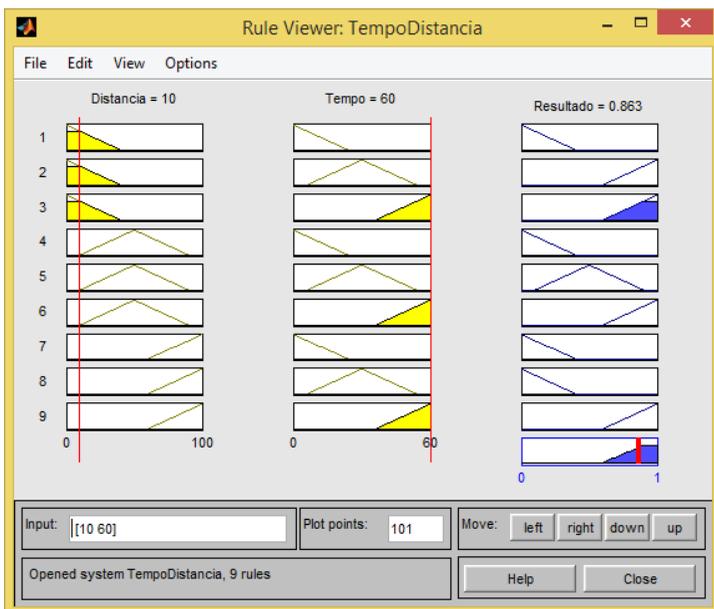
Figura 55 – Superfície 3D da relação de tempo e distância



Fonte: O autor.

Por fim, o sistema permite a realização de simulações de casos concretos. A Figura 56 demonstra a análise difusa de uma situação concreta em que a distância percorrida no atendimento foi de 10 km e o tempo realizado foi de 60 minutos. Após defuzzificação, encontra-se o valor de 0,863, orientando que estes valores de tempo e distância geram condições de resultado do indicador do tipo “ruim”.

Figura 56 – Resultado do processamento difuso



Fonte: O autor.

Estas interpretações, bem como as suas possíveis especializações, permitem o suporte à tomada de decisão, tratando possíveis imprecisões e incertas presentes em indicadores de desempenho.

6 COMUNICAÇÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo objetiva especificar as comunicações do resultado da pesquisa, conforme definido pela metodologia *Design Science Research Methodology*, adotada neste estudo.

Para efeito desta comunicação, considera-se o desenvolvimento desta tese como sua principal ação. Além disso, diversos estudos foram realizados em cada uma das etapas de desenvolvimento, aqui também classificados como atividades de comunicação de resultados. Estes resultados foram classificados em dois grupos: estudos diretamente relacionados ao desenvolvimento do artefato e estudos subjacentes e complementares.

6.1 ESTUDOS RELACIONADOS AO DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO

Os estudos a seguir tratam diretamente das etapas de desenvolvimento do artefato objeto desta tese:

FREITAS JUNIOR, V.; UREN, V.; GONÇALVES, A. L.; BREWSTER, C. Ontology for Performance Measurement Indicators' Comparison. *International Journal of Digital Information and Wireless Communications*, v. 6, n. 2, 2016, p. 87-96.

FREITAS JUNIOR, V.; UREN, V.; GONÇALVES, A. L.; BREWSTER, C. Semantic Representation for Comparison of Performance Measurement Indicators. In: *Semantic Web Business and Innovation (SWBI2015)*, 2015, Sierre. *Proceedings of the International Conference on Semantic Web Business and Innovation (SWBI2015)*, 2015, p. 35-43.

FREITAS JUNIOR, V.; UREN, V.; GONÇALVES, A. L. Ontologia para representação de tempo no contexto de indicadores de desempenho. *Perspectivas em Ciência da Informação*. Submetido, 2015. (Submetido)

FREITAS JUNIOR, V.; GONÇALVES, A. L. Medidas de Desempenho e Ontologias: um estudo bibliométrico para identificação do uso de ontologias para o suporte dos processos de medidas de desempenho. *Perspectivas em Gestão & Conhecimento*, v. 5, p. 27-41, 2015.

FREITAS JUNIOR, V.; WOSZEZENKI, C.; ANDERLE, D. F.; SPERONI, R.; NAKAYAMA, M. A pesquisa científica e tecnológica. *Espacios* (Caracas), v. 35, p. 12-22, 2014.

6.2 ESTUDOS ADJACENTES

Nesta seção são considerados os trabalhos adjacentes, desenvolvidos ao longo do processo de construção desta tese, mas não diretamente relacionados aos objetivos propostos para o desenvolvimento do artefato. Estes trabalhos são divididos em três categorias: capítulos de livros, artigos publicados em revistas e artigos apresentados em congressos.

6.2.1 Capítulos de livros

FREITAS JUNIOR, V.; ANDERLE, D. F.; GONÇALVES, A. L.; GAUTHIER, F. O. Criatividade e inovação tecnológica: uma análise bibliométrica. In: Vania Ribas Ulbricht; Tarcísio Vanzin; Andreza Regina Lopes da Silva; Cláudia Regina Batista. (Org.). *Contribuições da criatividade em diferentes áreas do conhecimento*. 1ed. São Paulo: Pimenta Cultura, 2013, p. 141-164.

FREITAS JUNIOR, V.; ANDERLE, D. F.; WOSZEZENKI, C. Portais como ferramenta de Gestão do Conhecimento em Governo Eletrônico: uma avaliação dos portais dos Institutos Federais do Estado de Santa Catarina. In: Hamílcar Boing; Gertrudes Aparecida Dandolini; João Artur De Souza; Alexandre Leopoldo Gonçalves. (Org.). *Cadernos de Pesquisa em Inovação: as novas tecnologias e as tendências em inovação*. Led. Florianópolis, SC: PPGE/GC/UFSC, 2013, v. 1, p. 151-183.

6.2.2 Artigos publicados em revistas

WOSZEZENKI, C.; FREITAS JUNIOR, V.; ANDERLE, D. F.; STEIL, A. V.; DANDOLINI, G.; SOUZA, J. A. O Twitter como objeto de investigação empírico-quantitativa: uma revisão bibliométrica. *Espacios* (Caracas), v. 34, p. 1, 2013.

WOSZEZENKI, C.; FREITAS JUNIOR, V.; ROVER, A. J. Inclusão Digital e Social: Cidadania e Autopoiese na Sociedade da Informação. *International Journal of Knowledge Engineering and Management*, v. 2, p. 94-108, 2013.

FREITAS JUNIOR, V.; ANDERLE, D. F.; GONÇALVES, A. L.; GAUTHIER, F. O.; SELL, D. Microformatos: conceitos, princípios e aplicações. *International Journal of Knowledge Engineering and Management*, v. 1, p. 9-29, 2012.

6.2.3 Trabalhos apresentados em eventos

WOSZEZENKI, C.; FREITAS JUNIOR, V.; NAKAYAMA, M. Inclusão Digital e Social: Exercendo a Cidadania com o Auxílio das Tecnologias de Informação e Comunicação. In: *International Conference on Interactive Computer aided Blended Learning, 2013, Florianópolis. ICBL - International Conference on Interactive Computer aided Blended Learning, 2013. p. 1-6.*

ANDERLE, D. F.; FREITAS JUNIOR, V.; GAUTHIER, F. A. O. A utilização da tecnologia da informação nas *smartcities* um estudo bibliométrico. In: *CIKI - Congresso Internacional do Conhecimento e Inovação, 2013, Porto Alegre - RS. Anais do 3º Congresso Internacional do Conhecimento e Inovação. Florianópolis, SC: UFSC, 2013. v. 1. p. 577-592.*

FREITAS JUNIOR, V.; ANDERLE, D. F.; GONÇALVES, A. L.; GAUTHIER, F. O.; SELL, D. Aplicações semânticas baseadas em microformatos. In: *5º ONTOBRAS e 7º MOST, 2012, Recife - PE. Ontobras / Most 2012 - Anais. Recife - PE: UFPE, 2012. v. 1. p. 201-206.*

FREITAS JUNIOR, V.; ANDERLE, D. F.; SANTOS, J. L. S.; STEIL, A. V. Engenharia do Conhecimento como suporte aos processos de Aprendizagem Organizacional. In: Congresso Brasileiro de Informática na Educação, 2012, Rio de Janeiro. Congresso Brasileiro de Informática na Educação. Rio de Janeiro, RJ, 2012.

FREITAS JUNIOR, V.; ANDERLE, D. F.; SANTOS, J. L. S.; STEIL, A. V. Métodos de Engenharia do Conhecimento no Contexto da Aprendizagem Organizacional: uma revisão bibliométrica. In: Simpósio de Engenharia de Produção, 2012, Bauru, SP. Anais - SIMPEP, 2012.

FREITAS JUNIOR, V.; WOSZEZENKI, C.; CONSONI, D. P.; ANDERLE, D. F. A Gestão do Conhecimento nos Institutos Federais do Estado de Santa Catarina. In: Simpósio de Engenharia de Produção, 2012, Bauru, SP. Anais - SIMPEP. Bauru, SP, 2012.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As medidas de desempenho são apontadas pela literatura científica como importantes ferramentas para a identificação da performance organizacional. Estas medidas são compostas por indicadores para a representação numérica de determinados aspectos de processos, produtos e serviços institucionais. A estes indicadores, alguns autores têm atribuído imprecisão e vaguidade, além da falta de semântica em sua representação.

Uma revisão de literatura demonstrou a existência de estudos que procuram realizar a representação semântica de indicadores, entretanto de forma pontual e voltada para domínios específicos, deixando de enfrentar o desafio de representar indicadores genericamente, tratando-lhe a imprecisão, vaguidade e considerando aspectos como a temporalidade e relacionamento entre estes indicadores.

Assim, diante da problemática apresentada esta tese teve por objetivo desenvolver um modelo de conhecimento baseado em ontologia para a representação de indicadores de forma semântica, considerando-se a imprecisão, a vaguidade, a temporalidade e o relacionamento entre indicadores.

Uma ontologia foi desenvolvida de modo a contemplar os objetivos delineados neste estudo.

Todo o processo foi orientado pela metodologia *Design Science Research Methodology*, que permitiu a delimitação do problema de pesquisa, o desenvolvimento da ontologia e sua completa avaliação, inclusive utilizando-se outras técnicas para o apoio destas etapas.

A avaliação do modelo proposto foi realizada a partir de duas etapas: fase exploratória e fase confirmatória. Na fase exploratória, o modelo foi analisado por acadêmicos e pesquisadores com afinidade no uso de indicadores de desempenho e conhecedores dos conceitos envolvidos no seu desenvolvimento. Esta etapa mostrou-se relevante porque permitiu a depuração do modelo bem como a delimitação dos fatores a serem analisados por ocasião da segunda fase: a fase confirmatória. Nesta etapa, especialistas de domínio foram entrevistados e, após a modelagem de um indicador oriundo de sua área de *expertise*, convidados a avaliar cada uma das classes que compõem o modelo.

Durante a fase exploratória, o modelo foi examinado em dois momentos distintos: através da realização de seminários com pesquisadores das instituições que receberam os eventos e também

através de reuniões realizadas individualmente com membros da comunidade acadêmica. Em todas estas etapas, o modelo foi considerado adequado, tendo sido coletadas diversas sugestões, especialmente quanto às granularidades possíveis para a representação de tempo.

Implementadas as sugestões colhidas por ocasião da fase exploratória, deu-se início à fase confirmatória, realizada com especialistas de domínio.

Nesta etapa, a atuação do grupo focal procurou observar quatro aspectos ou dimensões distintas: identificação dos participantes, avaliação das classes do modelo, avaliação geral do modelo e modelagem de indicadores a partir da *expertise* de cada participante.

Quanto ao perfil dos entrevistados, analisado na primeira dimensão, observou-se que eles representavam diferentes segmentos, como administração, sistemas de informação, engenharia mecânica, enfermagem e engenharia química. Suas posições nas organizações que representam são também variadas, mas em geral com capacidade de decisão, a saber: gerente geral, diretor, assessor de engenharia, enfermeira assistencial de ambulatório especializado em mama e planejamento e engenheira química.

A dimensão 2, por sua vez, buscou analisar a relevância de cada uma das classes do modelo apresentado, que evidenciavam aspectos de representação de indicador de desempenho. Após as discussões, os participantes consideraram adequadas todas as classes do modelo, tendo realizado uma avaliação atribuindo notas através de uma escala de 0 a 5. As médias das notas atribuídas a cada uma das classes foram superiores a 4, com exceção da classe “Formula” que obteve a nota 3,8, demonstrando, assim, a relevância das classes representadas no modelo. Destaca-se o especial interesse dos participantes pela classe “Atributo”, considerada importante para a representação de indicadores porque possibilita o agrupamento de mais dados acerca de um indicador.

Na terceira dimensão de análise, relativa à avaliação geral do modelo, os participantes o consideraram adequado para a representação dos indicadores de desempenho, reconhecendo a aplicabilidade e utilidade do modelo em seus domínios.

A quarta dimensão, por fim, preocupou-se com a modelagem de indicadores de desempenho, oriundos da *expertise* de cada um dos participantes. A partir deste exercício, foi possível evidenciar as dificuldades já apresentadas pela literatura no que se refere à falta de

semântica, a presença da vaguidade e imprecisão nesses indicadores. Desta modelagem, alguns exemplos puderam ser extraídos.

Um deles diz respeito ao indicador “média de tempo de atendimento”, utilizado por uma companhia de segurança privada para aferir o nível de qualidade do serviço prestado (Entrevistado A). Neste indicador, o sistema utilizado pela organização deixa de considerar fatores como a distância a ser percorrida pelo atendente no momento do chamado, bem como sua localização quando do recebimento deste chamado. De acordo com o especialista, estas informações são cruciais para poder classificar como “bom” ou “ruim” o tempo de resposta da operação, tornando o indicador completamente desprezível para a avaliação de desempenho da organização. Em outras palavras, o conceito de “bom”, para avaliação deste indicador, está intimamente ligado à distância percorrida, além do tempo demandado pelo colaborador da empresa.

Neste mesmo sentido, o indicador denominado “entrega de sites”, utilizado pelo Entrevistado B para avaliar a produção de sua empresa de desenvolvimento de software deixa de contemplar a complexidade dos projetos realizados.

Por fim, o indicador “proporção de resultados alterados nas mamografias de rastreamento”, empregados pelo Entrevistado D para a avaliação de desempenho de um serviço municipal de saúde demonstra, igualmente, a necessidade de semântica para a correta interpretação e comparações entre indicadores de desempenho. Este indicador refere-se ao percentual de pacientes que, ao submeterem-se aos exames adequados, receberam indicação para aprofundar a pesquisa no sentido de detectar e tratar o câncer de mama. Um padrão internacional é estabelecido (3,7% a 21,3%), entretanto, de acordo com o Entrevistado, a avaliação deste indicador deve considerar uma série de outros fatores que não apenas a contagem sistemática dos exames com resultado suspeito. A qualidade dos equipamentos utilizados para a realização destes exames, por exemplo, pode influenciar sobremaneira a quantidade de pacientes detectados, o que poderia impactar negativamente a avaliação de qualidade do serviço de prevenção de câncer de mama. Outro fator a ser considerado, segundo o Entrevistado, é a resposta da população ao chamado da Secretaria Municipal de Saúde para a realização dos exames.

Assim, através dos exemplos trazidos pelo grupo focal confirmatório, pode-se evidenciar a necessidade já declarada pela literatura da representação semântica de indicadores de desempenho,

bem como a ampla aplicabilidade do modelo proposto para o enriquecimento semântico destes indicadores, tratando-se a imprecisão, e a vaguidade.

Como uma das principais contribuições deste trabalho de pesquisa pode-se citar o desenvolvimento de um modelo de conhecimento para representação genérica de indicadores de desempenho de forma semântica. Conforme demonstrado pela revisão de literatura, alguns modelos buscam representar indicadores de desempenho, entretanto, de forma específica.

O tratamento da vaguidade e a incerteza através da lógica difusa também podem ser citadas como contribuições deste estudo, uma vez que a partir das entrevistas realizadas ficou evidenciada a necessidade, já corroborada pela literatura, de tratamento da vaguidade no uso de indicadores de desempenho.

A representação de tempo e a explicitação dos relacionamentos existentes entre indicadores de desempenho, igualmente, são citadas como contribuições do modelo proposto.

Como pesquisas futuras poderiam ser citadas a ampliação das granularidades possíveis para a representação de tempo, algumas delas já citadas por ocasião da fase exploratória de avaliação. A temática da representação de tempo é vasta e permite o desenvolvimento de diversos trabalhos de pesquisa, no caso específico, inicialmente avaliando-se a importância do tempo no contexto dos indicadores de desempenho, depois com o levantamento de quais granularidades são necessárias para a adequada representação desta dimensão neste contexto. Por outro lado, a ampliação do modelo para a representação de intervalos de tempo não sequenciais poderia trazer ganhos significativos para o processo de tratamento semântico de indicadores.

Outra possibilidade de pesquisa que pode ser desenvolvida a partir do modelo proposto nesta tese é o tratamento de fórmulas ou procedimentos complexos a partir de técnicas como a PSM (*Problem-Solving Methods*). A fórmula para a obtenção de um determinado indicador de desempenho pode ocupar papel central em sua contextualização e representação semântica. Este aspecto inclusive já recebeu atenção de estudos recentes e, neste sentido, o tratamento de fórmulas e procedimentos complexos para a apuração de valores que serão representados pelos indicadores de desempenho, utilizando técnicas de engenharia do conhecimento, como a PSM, pode constituir-se em campo de pesquisa promissor, aprimorando o modelo proposto neste estudo.

Ainda como trabalhos futuros tem-se a necessidade de aprofundamento da pesquisa quanto ao uso da lógica difusa para o tratamento da imprecisão e da vaguidade, realizando-se simulações e demonstrações de sua aplicabilidade, inclusive com a implementação de um protótipo que considere as variáveis linguísticas na representação dos indicadores. As avaliações demonstraram claramente a necessidade, já respaldada pela literatura, de representação da vaguidade, e o uso da lógica difusa demonstrou-se, igualmente pela literatura, suficiente para este propósito. Assim, iniciativas neste sentido contribuiriam sobremaneira para o campo de pesquisa desta tese.

REFERÊNCIAS

- ABE, J. M. **Fundamentos da Lógica Anotada**. 1992. 98 p. Tese (Doutorado em Filosofia) – Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 1992.
- ABRAMOVICH, A. Human experience representation via upper level ontologies. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTEGRATION OF KNOWLEDGE INTENSIVE MULTI-AGENT SYSTEMS. **Proceedings of IEEE**. Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2005. p. 187-190.
- ALARCÓN, L. F., et al. Learning from collaborative benchmarking in the construction industry. In: ANNUAL CONFERENCE OF LEAN CONSTRUCTION, 9, 2001, Singapura. **Anais eletrônicos...** Singapura: IGLC National University of the Singapore, 2001. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/singapore/Alarconet.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2014.
- ALLEN, J. F. Maintaining Knowledge about Temporal Intervals. **Communications of the ACM**, v. 26, n. 11, p. 832-843, 1983.
- ALLEN, J. F. Towards a General Theory of Actions and Time. **Artificial Intelligence**, v. 23, p. 123-154, 1984.
- ALONSO, O.; GERTZ, M.; BAEZA-YATES, R. Clustering and exploring search results using timeline constructions. In: 18TH ACM CONFERENCE ON INFORMATION AND KNOWLEDGE MANAGEMENT. **Proceedings of the 18th ACM conference on Information and knowledge management**. Nova York: ACM, 2009, p. 97-106, 2009.
- AMBROZEWICZ, P. H. L., **Qualidade na prática: conceitos e ferramentas**. 1ª ed. Curitiba: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, 2003.
- ARAÚJO, M. **Educação a Distância e Web Semântica: modelagem ontológica de materiais e objetos de aprendizagem para a plataforma COL**. 2003. 191 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo. São Paulo. 2003.
- ATTADIA, L. C. do L.; MARTINS, R. A. Medição de desempenho

como base para evolução da melhoria contínua. **Revista Produção**, São Paulo - SP, v. 13 n. 2, 2003.

BANDEIRA, A. A. **Rede de indicadores de desempenho para gestão de uma hidrelétrica**. 1997. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

BANKS, R. L.; WHEELWRIGHT, S. C. Operations vs. Strategy: Trading Tomorrow for Today. **Harvard Business Review**, Boston, MA, USA, p. 112-119, mai./jun. 1979.

BARATIS, E. et al. TOQL: Temporal ontology querying language. 11th International Symposium on Spatial and Temporal Databases, SSTD 2009. Aalborg. 5644 LNCS, p. 338-354, 2009.

BARROS, L. C. **Sobre Sistemas Dinâmicos Fuzzy: teoria e Aplicações**. 1997. 230 f. Tese (Doutorado em Matemática Aplicada) – UNICAMP, São Paulo, 1997.

BATSAKIS, S.; STRAVOSKOUFOS, K.; PETRAKIS, E. G. M. Temporal Reasoning for Supporting Temporal Queries in OWL 2.0. **15th Int'l Conf. on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems (KES'2011)**, 6881, p. 558–567, 2011.

BAUMANN, R.; LOEBE, F., HERRE H. Ontology of Time in GFO. **7th Int'l Conf. on Formal Ontologies and Information Systems (FOIS'2012)**, p. 293–306, 2012.

BAUMANN, R.; LOEBE, F.; HERRE, H. Axiomatic theories of the ontology of time in GFO. *Applied Ontology*, v. 9, n. 3-4, p. 171-215, 2014.

BELUSSI, A.; MIGLIORINI, S. A Framework for Managing Temporal Dimensions in Archaeological Data. p. 81-90, 2014.

BERNARAS, A.; LARESGOITI, I.; CORERA, J. Building and Reusing Ontologies for Electrical Network Applications. In: **EUROPEAN CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE (ECAI/96)**, 1996, Budapeste, **Proceedings...** Amsterdam: IOS Press, 1996. p. 298-302.

BETTINI, Claudio. *TIME International Symposium on Temporal Representation and Reasoning*. Disponível em <http://time.di.unimi.it/TIME_Home.html>. Acesso em 21 set. 2015.

- BEZIVIN, J. Who is afraid of ontologies? In: OOPSLA, 1998, Vancouver, Canada. **Proceedings...** Nova York: ACM, 1998.
- BITITCI, U. S.; CARRIE, A. S.; MCDEVITT, L. Integrated performance measurement systems: a development guide. **International Journal of Operations & Production Management**. Reino Unido, v. 17, n. 5, p. 522-534, 1997.
- BOBILLO, F. et al. A Semantic Fuzzy Expert System for a Fuzzy Balanced Scorecard. **Expert Systems. Application**, Lousiana, USA, v. 36, n. 1, p. 423-433, 2009.
- BOBILLO, F.; DELGADO, M. Tractability of the Crisp Representations of Tractable Fuzzy Description Logics. In: CEUR WORKSHOP. **Proceedings...** URSW, v. 654, p. 109-112, 2010.
- BOBILLO, F.; DELGADO, M.; GÓMEZ-ROMERO, J. Introducing Semantics and Vagueness in a Balanced Scorecard. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE INTELIGENCIA COMPUTACIONAL, 2007, Bogotá, Colômbia. **Proceedings...** Bogotá, Colômbia, p. 97-102, 2007.
- BORGES, M. A.; BRIGNOLI, J. T.; SILVA, E. R. G. . Ontologias fuzzy: uma investigação preliminar com o recurso da revisão sistemática. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS FUZZY, 2010, Sorocaba. **Anais...** Sorocaba: UFScar, 2010.
- BORST, W. N. Construction of engineering ontologies for Knowledge sharing and reuse. 1997. 243 f. Tese (Doutorado em Telemática e Tecnologia da Informação) - Universidade de Twente, Enschede, Holanda, 1997.
- BOVO, A. B. Um modelo de descoberta de conhecimento inerente à evolução temporal dos relacionamentos entre elementos textuais. 2011. 155f. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- BRACHMAN, R.; LEVESQUE, H. Knowledge representation and reasoning. 1ª ed. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 2004.
- BRIGNOLI, Juliano Tonizetti. **Um Modelo para Suporte ao Raciocínio Diagnóstico diante da Dinâmica do Conhecimento sobre Incertezas**. 2013. 220 f. Tese (Doutorado em Engenharia do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2013.

BROWN, M. G. Keeping score: using the right metrics to drive world-class performance. Nova York: Quality Resources, 1996.

BUNGE, M. **Treatise on basic philosophy**. Part. II. Boston: D. Reidel, v. 7, 1985.

BUNGE, M. **Understanding the world**. Dordrecht: Reidel, 1983.

ÇAĞDAŞ, V.; STUBKJÆR, E. Design research for cadastral systems. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 35, p. 77-87, 2011.

CAPONE, N. C. Tapping toddlers' evolving semantic representation via gesture. **Journal of Speech Language and Hearing Research**, v. 50, n. 3, p. 732-745, Jun. 2007.

CECI, Flávio. **Um Modelo Baseado em Casos e Ontologia para Apoio a Tarefa Intensiva em Conhecimento de Classificação com Foco na Análise de Sentimento**. 2015. 212 f. Tese (Doutorado em Engenharia do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2015.

CHANDLER, A. D. **The visible hand: managerial revolution in american business**. Boston: Harvard University Press, 1977.

CHITTARO, L. et al. Specifying and representing temporal abstractions on clinical data by a query language based on the event calculus. **Computers in Cardiology 1997**, p.633-636, 1997.

COELHO, Eduardo de Mattos Pinto. **Ontologias difusas no suporte à mineração de dados: aplicações na Secretaria de Finanças da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte**. 2012. 232 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, 2012.

CORCHO, O.; Fernández-López, M.; Gómez-Pérez, A. Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point? **Data & Knowledge Engineering**, Pittsburgh, USA, v. 46, p. 41-64, 2003.

COSTA, D. B. et al. Sistema de indicadores para benchmarking na construção civil: manual de utilização. Porto Alegre: UFRGS/PPGEC/NORIE, 2005.

COSTA, S. B. **Diretrizes para concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho para empresas da**

construção civil. 2003. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CROSS, K. F.; LYNCH, R. F. The “SMART” way to define and sustain success. **National Productivity Review**, v. 8, n. 1, p. 23-33, 1988.

CUPANI, A. **Filosofia da Tecnologia**: um convite. Florianópolis: Editora da UFSC, 2011.

CUPANI, A. La peculiaridad del conocimiento tecnológico. **ScientiaeStudia**, São Paulo, v. 4, n. 3, p. 353-71, 2006.

DE ROLT, M. I. P. **O uso de indicadores para a melhoria da qualidade em pequenas empresas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 1998.

DENK, M.; GROSSMANN, W. Semantic decomposition of indicators and corresponding measurement units. In: KSEM 2010, Belfast, Irlanda do Norte, Reino Unido. **Proceedings...** Belfast, Irlanda do Norte, Reino Unido: Springer, 2010, v. 6291, p. 603-608, 2010.

DIAMANTINI, C.; POTENA, D.; STORTI, E. SemPI: A semantic framework for the collaborative construction and maintenance of a shared dictionary of performance indicators. **Future Generation Computer Systems**, v. 54, p. 352-365, 2016.

DILLON, T. S.; SIMMONS, G. Semantic Web Support for Open-Source Software Development. In: SIGNAL IMAGE TECHNOLOGY AND INTERNET BASED SYSTEMS, 2008, Bali. **Proceedings...** Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2008. nov./dez. p. 606-613.

DIXON, J. R., NANNI, A. J., VOLLMAN, T. E. **The new performance challenge**: measuring operations for world class competition. Homewood, IL, USA: Dow Jones-Irwin, 1990.

DOMINGUEZ, J.; GUTIERREZ, L. **WP 9: Case Study eGovernment D9.3 e-Government ontology.**, DIP - Data, Information and Process Integration with Semantic Web Services FP6 – 507483, 2004. Disponível em: < <http://dip.semanticweb.org/documents/D9-3-improved-eGovernment.pdf> >. Acesso em: 09 abr. 2014.

DRUZIANI, C. F. M.; KERN, V. M.; CATAPAN, A. H. A Gestão e a Engenharia do Conhecimento aliadas na modelagem do conhecimento: análise sistêmica CESM e Contextual CommonKADS de um repositório

na web. **Perspectivas em Gestão & Conhecimento**, João Pessoa, v. 2, n. 1, p. 194-217, jan./jun. 2012.

DUARTE, C. M. M. **Desenvolvimento de um sistema de indicadores para *benchmarking* em empresas de construção civil**. 2011. 203 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2011.

DUARTE, Carolina Mendonça de Moraes. **Desenvolvimento de um sistema de indicadores para *benchmarking* em empresas de construção civil**. 2011. 203 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2011.

DUBOIS, D. et al. An information based discussion of vagueness. In H. COHEN, & C. LEFEBVRE, (EDS.), *Handbook Of Categorization In Cognitive Science*, p. 892–913, 2005.

EBERLE, K.; HEID, U.; FAAß, G. Approximating the disambiguation of some German nominalizations by use of weak structural, lexical and corpus information. **Procesamiento del Lenguaje Natural**, Jaén, Espanha, n. 46, p. 67-74., mar., 2011.

ERMOLAYEV, V.; BATSAKIS, S.; KEBERLE, N.; TATARINTSEVA, O.; ANTONIOU, G. Ontologies of time: review and trends. **International Journal of Computer Science and Applications, Technomathematics Research Foundation**, vol. 11, no. 3, p. 57 – 115, 2014.

ERMOLAYEV, V.; JENTZSCH, E.; KEBERLE, N.; SOHNIUS, R. Performance Simulation Initiative. The Suite of Ontologies v.2.2. Reference Specification. **Technical Report PSI-ONTO-TR- 2007-5, 04.03.2009, VCAD EMEA Cadence Design Systems, GmbH**, p. 133, 2009.

ERMOLAYEV, V.; KEBERLE, N.; MATZKE, W.-E. An Ontology of Environments, Events, and Happenings. **31st IEEE Annual Int'l Computer Software and Applications Conf' (COMPSAC'08)**, p. 539–546, 2008a.

ERMOLAYEV, V.; KEBERLE, N.; MATZKE, W.-E. An Upper-Level Ontological Model for Engineering Design Performance Domain. 27th Int'l Conf. on Conceptual Modeling (ER 2008), LNCS 5231, pp. 98–113, 2008b.

ERMOLAYEV, V.; KEBERLE, N.; MATZKE, W.-E.; SOHNIUS, R. Fuzzy Time Intervals for Simulating Actions. **2nd Int'l. Conf. Information Systems and Business Technologies (UNISCON'08), LNBIP 5**, p. 429-444, 2008c.

FERNANDES, A. M. R. **Sistema especialista difuso aplicado ao processo de análise química qualitativa de amostras minerais**. 1996. 146 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A. Searching for a Time Ontology for Semantic Web Applications. In Formal Ontology in Information Systems (FOIS-2004). Proceedings of the Formal Ontology in Information Systems. Third International Conference (FOIS-2004). Frontiers in artificial Intelligence and Applications, vol. 114. Editorial: IOS Press. Turín, Italia, p. 331-341, 2004.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A.; JURISTO, N. METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering. **Spring Symposium on Ontological Engineering of AAAI**. Stanford University, California, p 33-40, 1997.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A.; PAZOS, A.; PAZOS, J. Building a Chemical Ontology Using Methontology and the Ontology Design Environment. *IEEE Intelligent Systems & their applications*, v. 4, n. 1, p. 37-46, 1999.

FIKES, R.; JENKINS, J.; ZHOU, Q. Including domain-specific reasoners with reusable ontologies. In: GOHARIAN, N. e GOHARIAN, N., Proceedings of the International Conference on Information and Knowledge Engineering 2003, Las Vegas, NV. p. 262-268, 2003.

FPNQ. **Indicadores de desempenho**. São Paulo: Fundação para o Prêmio Nacional da Qualidade, 1995.

FRASINCAR, F.; MILEA, V.; KAYMAK, U. TOWL: Integrating time in OWL. In: (Ed.). *Semantic Web Information Management: A Model-Based Perspective*: Springer Berlin Heidelberg, p.225-246, 2010.

FREITAS JUNIOR, V.; UREN, V.; BREWSTER, C.; GONÇALVES, A. L. Semantic Representation for Comparison of Performance Measurement Indicators. **The International Conference on Semantic Web Business and Innovation (SWBI2015)**. October 7-9, Sierre/Siders, Switzerland, p. 35-43, 2015.

FREITAS JUNIOR, Vanderlei et al. Pesquisa científica e tecnológica. **Revista Espacios**, Caracas, Venezuela, v. 35, n. 9, p. 12 - 22, set. 2014. Disponível em <<http://www.revistaespacios.com/a14v35n09/14350913.html>>. Acesso em 29 set. 2014.

GANGA, G. M. D.; CARPINETTI, L. C. R.; POLITANO, P. R. Gestão do desempenho em cadeias de suprimentos usando lógica *fuzzy*. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 18, n. 4, p. 755-774, 2011.

GHALAYINI, A. M.; NOBLE, J. S.; CROWE, T. J. An integrated dynamic performance measurement system for improving manufacturing competitiveness. **International Journal of Production Economics**, Linköping, Suécia, v. 48, n. 3, p. 207-225, 1997.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOBIN, B. A. Reusing OWL-S to model knowledge intensive tasks performed by Knowledge Based Systems. In: ICT AND KNOWLEDGE ENGINEERING, 2012, Bangkok, Tailândia. **Proceedings...** Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2012, p. 34-42, 2012.

GOMEZ-PEREZ, A. Evaluation of Taxonomic Knowledge in Ontologies and Knowledge Bases. In: TWELFTH WORKSHOP ON KNOWLEDGE ACQUISITION, MODELING AND MANAGEMENT - KAW'99, 1999, Alberta, Canadá. **Proceedings...** Alberta, Canadá: University of Calgary, 1999, v.2, p. 6.1.1 - 6.1.18.

GÓMEZ-PÉREZ, A. Ontological engineering: a state of the art. **British Computer Society**, Londres, Inglaterra, v. 2, p. 33 – 43, 1999.

GÓMEZ-PÉREZ, A.; FERNANDEZ-LOPEZ, M.; CORCHO, O. **Ontological engineering with examples from the areas of knowledge management, e-commerce and the semantic web**. Londres: Springer-Verlag, 2004.

GOMEZ-PEREZ, A.; ORTIZ-RODRIGUEZ, F.; VILLAZONTERRAZAS, B. Legal ontologies for the Spanish e-government. In: 11th Spanish Association Conference On Current Topics In Artificial Intelligence. Santiago de Compostela, Espanha: IEEE, **Proceedings of the LNCS**. Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2006, p. 301-310.

GOMEZ-PEREZ, A.; ORTIZ-RODRIGUEZ, F.;

- VILLAZONTERRAZAS, B. Ontology based legal information retrieval to improve the information access in e-government. In: EUROPEAN SEMANTIC WEB CONFERENCE (ESWC 2006), 3rd, 2006, Budva, Montenegro. **Proceedings...** Montenegro, 2006, p. 1007 - 1008.
- GRIMM, S.; ANDREAS', A; JOHANNA, V. **Technology Handbook of Semantic Web Technologies**. Berlin, Heidelberg: Springer, 2011.
- GRUBER, T. R. A Translation Approach to Portable Ontology Specification. **Knowledge Acquisition**, v. 52, n. 6, p. 1111-1133. 1993.
- GRUBER, T. R. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. **International Journal Human-Computer Studies**, Philadelphia, PA, USA, n. 43, p. 907-928, 1993b.
- GRÜNINGER, M.; FOX, M. Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies. In: IJCAI95'S WORKSHOP ON BASIC ONTOLOGICAL ISSUES IN KNOWLEDGE SHARING, Montreal, Canadá, 1995. **Proceedings...** Montreal, Canadá, 1995, p. 1 - 10.
- GUARINO, N. Formal ontology and information systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FORMAL ONTOLOGY IN INFORMATION SYSTEMS - FOIS'98, 1998, Trento, Itália. **Proceedings...** Amsterdam: IOS Press, p. 3-15. 1998.
- HARRINGTON, H. J. **Aperfeiçoando Processos Empresariais**. São Paulo: Makron Books, 1993.
- HA-THUC, V.; MEJOVA, Y.; HARRIS, C.; SRINIVASAN, P. Event Intensity Tracking in Weblog Collections. In: **3rd International Aaai Conference On Weblogs And Social Media Data Challenge Workshop**. 2009, San Jose, Califórnia, USA. **Proceedings...** San Jose, California, USA, 2009.
- HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT S. C. CLARK, K. B. **Dynamic manufacturing: creating the learning organization**. New York: The Free Press. 1988.
- HE, R.; QIN, B.; LIU, T.; LI, S. Cascaded Regression Analysis Based Temporal Multi-document Summarization. **Informatica - An International Journal of Computing and Informatics**, Slovenia, v. 34, n. 1, p. 119 - 124, 2010.
- HEPP, M. et al. Ontologies: State Of The Art, Business Potential, And Grand Challenges. In: ONTOLOGY MANAGEMENT: SEMANTIC

WEB, SEMANTIC WEB SERVICES, AND BUSINESS APPLICATIONS. Berlin, Heidelberg: Springer, 2007, pp 3-22.

HEVNER, A. R.; MARCH, S.T.; PARK, J. Design Science in Information Systems Research. **MIS Quaterly**, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004.

HOBBS, J. R.; PAN, F. An Ontology of Time for the Semantic Web. **ACM Transactions on Asian Language Processing (TALIP)**: Special issue on Temporal Information Processing, v. 3, n 1, p. 66–85, 2004.

HOBBS, J. R.; PAN, F. Time Ontology in OWL. Ontology Engineering Patterns Task Force of the Semantic Web Best Practices and Deployment Working Group, **World Wide Web Consortium (W3C) notes**. Disponível em <<http://www.w3.org/TR/owl-time/>>. 2006.

HOFMANN, M. J. et al. Differential activation of frontal and parietal regions during visual word recognition: An optical topography study. **NeuroImage**, Berlim, Alemanha, v. 40, n. 3, p. 1340-1349, 2008.

HOLSAPPLE; JOSHI. A Formal knowledge management ontology: conduct, activities, resources, and influences. **Journal of The American Society For Information Science And Technology**. Nova York, USA, v.55, n.7, p. 593 – 612, 2004.

HRONEC S. M. **Sinais Vitais**. São Paulo: Makron Books, 1994.

INMETRO. **Metodologia para divulgação de dados de consumo veicular. Methodology for vehicle consumer data dissemination**. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/Methodologia_Consumo_Veicular.pdf>. Acesso em 24 Ago. 2015.

JACQUELINET, C. et al. Developing the ontological foundations of a terminological system for end-stage diseases, organ failure, dialysis and transplantation. *International Journal of Medical Informatics*, v. 70, n. 2-3, p. 317-328, 2003.

JAPPUR, R. F. Modelo conceitual para criação, aplicação e avaliação de jogos educativos digitais. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2014.

JARRAR, M. **Towards methodological principles for ontology engineering**. 2005. 350 f. Tese (Doutorado em Ciência)– Vrije

Universiteit, Bruxelas, 2005.

JIN, Z. et al. Practical framework for measuring performance of international construction firms. **Journal of Construction Engineering and Management**. n. 139. p. 1154-1167. 2013.

KAMARUDDIN, S. S. et al. Deviation detection in text using conceptual graph interchange format and error tolerance dissimilarity function. **Intelligent Data Analysis**, v. 16, n. 3, p. 487-511, 2012.

KAPLAN, R. S. Yesterday's accounting undermines production. **Harvard business review**, Boston, MA, USA, v. 62, n. 4, p. 95-101, 1984.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. "The balanced scorecard: Measures that drive performance". *Harvard Business Review*, Boston, MA, USA, v. 70, n. 1, pp. 71-79, 1992.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **A estratégia em Ação: Balanced Scorecard**. Edição 1996 Harvard Business School Press. Trad. Luiz Euclides Trindade Frazão Filho. Rio de Janeiro: Elsevier, 1997.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. The balanced scorecard: Measures that drive performance. **Harvard Business Review**, Boston, MA, USA, v. 70, n. 1, p. 71-79. 1992.

KARDEC, A.; FLORES, J.; SEIXAS, E. **Gestão estratégica e indicadores de desempenho**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

KASABOV, N. K. **Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems and Knowledge Engineering**. Cambridge, MA, USA: Ed. The MIT Press, Massachusetts Institute of Technology, 1996.

KEEGAN, D. P.; EILER, R. G.; JONES, C. R. Are your performance measures obsolete? **Management Accounting**, Londres, Inglaterra, v. 70, n. 1, p. 45-59, 1989.

KEOD. **International Conference on Knowledge Engineering and Ontology Development**. 2014. Disponível em: <<http://www.keod.ic3k.org>>. Acesso em 10 set. 2014.

KIYAN, F. M. **Proposta de desenvolvimento de indicadores de desempenho como suporte estratégico**. 2001. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

KLIR, G; YUAN, B. Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and applications. USA: Prentice Hall, 1995.

KNELLER, George F. **A Ciência como atividade humana**. Rio de Janeiro: Zahar, 1980.

KNOWLEDGE MEDIA INSTITUTE. **Time representation ontology in the context of performance measurement indicators**: Seminar. Disponível em < <http://kmi.open.ac.uk/seminars/2608>>. Acesso em 15 dez. 2015.

KOENDERINK, N. J. J. P.; TOP, J. L.; VAN VLIET, L. J. Supporting Knowledge-Intensive Inspection Tasks with Application Ontologies. **International Journal of Human - Computer Studies** **64**, n. 10, p. 974-983, 2006.

KOTIS, K.; VOUIROS, G. A. Human-centered ontology engineering: The HCOME methodology. **Knowledge Information System (KAIS)**. v. 10, n. 1, p. 109-131, 2006.

LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 741-761, 2013.

LANTELME, E. M. V. **Proposta de um Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1994.

LENAT, D.B. CYC: A Large-Scale Investment in Knowledge Infrastructure. **Comm. ACM**, v. 38, n. 11, p. 33-38, 1995.

LIMA, H. M. R. **Concepção e Implementação de Sistemas de Indicadores de Desempenho em Empresas Construtoras de Empreendimentos Habitacionais de Baixa Renda**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005.

LIN, H. Y.; HSU, P. Y.; SHEEN, G. J. A fuzzy-based decision-making procedure for data warehouse system selection. **Expert Systems with Applications**, v. 32, n. 3, p. 939-953, 2007.

LIU, S. C.; LIU, S. Y. An efficient expert system for air compressor troubleshooting. **Expert Systems**, v. 18, n. 4, p. 203-214, 2001.

LUCERO, A. G. R. **Um método para desenvolvimento de medidas de desempenho como apoio à gestão de sistemas de manufatura**. 2006. 315 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

MA, J.; KNIGHT, B.; PETRIDIS, M. Revised theory of action and time based on intervals and points. *Computer Journal*, v. 37, n. 10, p. 847-857, 1994.

MACNEILL, F. **AKT Time Ontology**. Disponível em <<http://dream.inf.ed.ac.uk/projects/dor/akt/akt.html>>. Acesso: 09 set. 2015.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research in Information Technology. **Decision Support Systems**, v. 15, p. 251-266, 1995.

MARTINS, R. A. **Sistemas de medição de desempenho: Um modelo para estruturação do uso**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

MASOLO, C.; BORGIO, S.; GANGEMI, A.; GUARINO, N.; OLTRAMARI, A. **WonderWeb Deliverable D18**. *Ontology Library (final)*, 2003.

MATHEUS, C. P. **Medição de desempenho em auditoria interna: um estudo empírico**. 2012. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2012.

MCCOMB, D. **Semantics in Business Systems: the savvy manager's guide**. The discipline underlying web services, business rules and the semantic web. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2004.

MEI, Q.; ZHAI, C. Discovering evolutionary theme patterns from text: an exploration of temporal text mining. In: **Eleventh ACM Sigkdd International Conference On Knowledge Discovery In Data Mining**, 2005, Chicago, IL, USA. **Proceedings...** Nova York, NY, USA: ACM, p. 198-207, 2005.

MENOLLI, A. L. A. **Ambiente colaborativo social semântico voltado à aprendizagem organizacional para empresas de desenvolvimento de software**. 2012. 185 f. Tese (Doutorado em Informática) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2012.

MIZOGUCHI, R. Ontological Engineering: Foundation of the Next Generation Knowledge Processing. In: FIRST ASIA-PACIFIC CONFERENCE, 2001, Maebashi City, Japão. **Proceeding from Web Intelligence: Research and Development**. Maebashi City, Japan: WI, 2001. p. 44-57.

MOLINA, H. et al. Semantic Capabilities for the Metrics and Indicators Cataloging Web System. In: MATERA, M., COMAI, S. (EDS.) Engineering Advanced Web Applications. **Proceedings...** Nova York, NY, USA: Rinton Press, 2004. p. 97–109, 2004.

MUNOZ, E. et al. Mathematical Knowledge Management for Enterprise Decision Making. In: European Symposium On Computer Aided Process Engineering, 2013, Finlândia. **Proceedings...** v. 32, p. 637-642., 2013.

NAVARRO-HERNANDEZ, R. F. et al. An ontological model to support the implementation of balanced scorecard in the organizations. In: 10th World Multiconference On Systemics, Cybernetics And Informatics (WMSCI 2006), 2006, Orlando, FL, USA. **Proceedings...** Orlando, FL, USA, vol. IV, p. 324-328, 2006.

NECHES, R. et al. Enabling technology for knowledge sharing. **AI Magazine**. v. 12, n. 3, p. 36-56. 1991.

NEELY, A. **Business Performance Measurement: Theory and Practice**. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2002.

NEELY, A. **Measuring Business Performance: Why, What and How**. Londres: Economist Books, 1998.

NEELY, A. The performance measurement revolution: why now and what next? **International Journal of Operations & Production Management**, v. 19, n. 2, p. 205-228, 1999.

NEELY, A., GREGORY, M., PLATTS, K.: Performance measurement system design: A literature review and research agenda. **International Journal of Operations & Production Management**, n. 25, p. 1228–1263. 1995.

NEELY, A.; ADAMS, C.; KENNERLEY, M. **The Performance Prism: The Scorecard for Measuring and Managing Stakeholder Relationships**. London: Financial Times Prentice Hall, 2002.

- NEON BOOK. 2009. Disponível em: <http://www.neon-project.org/nw/NeOn_Book>. Acesso em: 16 abr. de 2014.
- NICOLA, de A.; MISSIKOFF, M.; NAVIGLI, R. A software engineering approach to ontology building. **Information Systems**, v. 34. p. 258–275. 2009.
- NILES, I.; PEASE, A. Origins of the IEEE Standard Upper Ontology, **Working Notes of the IJCAI-2001 Workshop on the IEEE Standard Upper Ontology**, p. 37–42, 2001b.
- NILES, I.; PEASE, A. Towards a standard upper ontology. **Int'l Conf. on Formal Ontology in Information Systems (FOIS'01)**, p. 2–9, 2001.
- O'CONNOR, M. J.; DAS, A. K. A method for representing and querying temporal information in OWL. **Biomedical engineering systems and technologies**, p. 97–110, 2011.
- OPOKU-ANOKYE, S.; TANG, Y. The design of a semantic-oriented organisational performance measurement system. In: **14th Internacional Conference on Informatics and Semiotics in Organisation (ICISO)**, Estocolmo, Suécia, p. 45-49. 2013. Disponível em <<http://centaur.reading.ac.uk/31975>>. Acesso em mar. 2014.
- ORILIA, F. Belief representation in a deductivist type-free doxastic logic. **Minds and Machines**, v. 4, n. 2, p. 163-203, mai. 1994.
- ORTEGA, N. R. S. **Aplicação da Teoria dos Conjuntos Fuzzy a Problemas da Biomedicina**. 2001. Tese (Doutorado em Física) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- PAPADAKIS, N. et al. PROTON: A prolog reasoner for temporal ontologies in OWL. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 12, p. 14660-14667, 2011.
- PARMENTER, D. **Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007.
- PEFFERS, K et al. A design science research methodology for information systems research. **Journal of Management Information Systems**, v. 24, n. 3, p. 45-77.
- PINHEIRO, J. P. C. **Indicadores-chave de desempenho (Key**

Performance Indicators) aplicados à construção. 2011. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2011.

PITZOS, G.; MATSAS, M.; CHRYSOLOURIS, G. Defining manufacturing performance indicators using semantic ontology representation. In: CIRP 3, 2012, Atenas, Grécia. **Proceedings...** Atenas, Grécia, v. 3, p. 8 – 13. 2012.

PITZOS, G.; MATSAS, M.; PAPAPOSTAS, N.; CHRYSOLOURIS, G. Production data handling using a manufacturing indicators knowledge model. In: CIRP 7, Atenas, Grécia. **Proceedings...** Atenas, Grécia, p. 199 – 204. 2013.

PPGEGC. **Interação das Áreas na Busca do Objeto de Pesquisa do Programa.** Disponível em < http://ftp.egc.ufsc.br/Legado/egc.ufsc.br/old_institucional_versao1_html/htms/vermais_index.htm> . Acesso em 11 fev. 2014.

RAIMOND, Y.; ABDALLAH, S. The Timeline Ontology. Reichenbach (1971) Reichenbach, H. **The Direction of Time.** University of California Press, Berkeley, CA, 2007.

RAUTENBERG, S.; FILHO, A. C. G.; TODESCO, J. L.; GAUTHIER, F. A. O. Ferramenta OntoKEM: uma contribuição à Ciência da Informação para o desenvolvimento de ontologias. **Perspectivas em Ciência da Informação,** Belo Horizonte, v. 15, n.1., p. 239-253, jan/abr. 2010.

RAUTENBERG, S.; TODESCO, J. L.; GAUTHIER, F. A. O. Processo de desenvolvimento de ontologias: uma proposta e uma ferramenta. **Rev. Tecnol.,** Fortaleza, v. 30, n. 1, p. 133-144, jun. 2009.

RAUTENBERG, S.; GAUTHIER, F. O. ; LOTTIN, P. ; DUARTE, C. E. J. ; TODESCO, J. L. OntoKEM: uma ferramenta para construção e documentação de ontologias. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM ONTOLOGIA NO BRASIL, Niterói, 2008. **Anais do 1º Seminário de Pesquisa em Ontologia no Brasil.** Niterói: UFF. 2008.

RAUTENBERG, S.; TODESCO, J. L.; STEIL, A. V.; GAUTHIER, F. O.; Uma metodologia para o desenvolvimento de

ontologias. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Vol. 10, nº 2, Jul./Dez. 2008b.

ROJAS, L. F. C.; JARAMILLO, C. M. Executable pre-conceptual schemas for representing key performance indicators. In: Computing Colombian Conference (8CCC), 8, 2013, Bogotá, Colômbia. **Anais...** Bogotá, p. 21-23, 2013.

ROSA, E. B.; PAMPLONA, E. de O.; ALMEIDA, D. A. de. Parâmetro de Desempenho e a Competitividade dos Sistemas de Manufatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), São Carlos, 1995. **Anais...**, São Carlos: ABEPRO/UFSCAR, v. II, p. 519-522. 1995.

ROSS, T. J. **Fuzzy Logic with Engineering Applications**. México: McGraw-Hill e Universidade do México, 1995.

ROSS, T. J. **Fuzzy Logic with Engineering Applications**. Nova York: McGraw-Hill, 1997.

RUMLER, G. A.; BRACHE, A. P. **Melhores desempenhos das empresas**. 2ª ed. São Paulo: Makrons Books, 1994.

SALM JUNIOR, José Francisco. **Padrão de projeto de ontologias para inclusão de referências do novo serviço público em plataformas de governo aberto**. 2012. 303 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

SCHEREIBER, G. “Knowledge Engineering”, in Frank van Harmelen, Vladimir Lifschitz and Bruce Porter, editors. **Handbook of Knowledge Representation** (Foundations of Artificial Intelligence). Elsevier Science, 2008, pp. 929-946, 2008.

SCHRAG, R. C. Best-practice time point ontology for event calculus based temporal reasoning. In: LASKEY, K. B. e COSTA, P. C. G., **7th International Conference on Semantic Technologies for Intelligence, Defense, and Security, STIDS 2012**, CEUR-WS. p. 28-34, 2014.

SCHREIBER, G. et al. **Knowledge Engineering and Management: the CommonKADS Methodology**. Cambridge, MA, USA: MIT Press. 2002.

SHEN, Y.; RUAN, D.; HERMANS, E. Modeling qualitative data in data envelopment analysis for composite indicators. **International Journal**

of **System Assurance Engineering**, v. 2, n. 1, p. 21-30, 2011.

SILVA, Thales do Nascimento da. **Um Modelo Baseado em Ontologia para Suporte a Tarefa Intensiva em Conhecimento de Recomendação**. 2015. 210 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2015.

SILVEIRA, E. R. Monitoração e análise de tráfego de rede sob o paradigma da lógica difusa. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

SIMON, H. A. **The Sciences of the Artificial**. 3rd ed. Cambridge: MIT Press, 1996.

SIMON, H. A. **The Sciences of the Artificial**. Cambridge: MIT Press, 1969 .

SINK, D. S.; TUTTLE, T. C. **Planejamento e medição para a performance**. Rio de Janeiro: QualityMark, 1993.

SKINNER, W. The focused factory. **Harvard Business Review**. Mai – Jun. p. 113-121, 1974.

SOUZA, R., MEKBEKIAN, G., SILVA, M., LEITÃO, A., e SANTOS, M. Indicadores da qualidade e produtividade. In: **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras**. São Paulo: Pini. 1994.

SOUZA, R.; MEKBEKIAN, G.; SILVA, M. A. C.; LEITÃO, A. C. M. T.; SANTOS, M. M. **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras**. São Paulo: Pini, 1995.

STUDER, R.; BENJAMINS, R.; FENSEL, D. Knowledge Engineering: Principles and Methods. **Data & Knowledge Engineering**, v. 25, n. 1-2, p. 161-197. 1998.

STUDER, R.; BENJAMINS, R.; FENSEL, D. Knowledge Engineering: Principles and Methods. **Data & Knowledge Engineering**, v. 25, n. 1-2, p. 161-197, 1998.

STUMM, Jaqueline. **Sistema inteligente de monitoração alimentar via web baseado em lógica fuzzy**. 2005. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SURE, Y. Do ontologies dream of concepts or blank spots in ontology

- engineering. In: PROTEGÉ CONFERENCE, 2006, Stanford, USA. **Proceedings...** 2006.
- SURE, Y.; STAAB, S.; STUDER, R. On-To-Knowledge Methodology (OTKM). In: **Handbook on Ontologies**, Berlin: Springer, p. 117–132. 2004.
- SWARTOUT, B.; PATIL, R.; KNIGHT, K.; RUSS, T. Toward distributed use of large-scale ontologies, ontological Engineering. In: AAAI-97 SPRING SYMPOSIUM SERIES, Stanford, CA, USA, 1997. **Proceedings...** 1997, p. 138-148.
- TAVANA, M.; MOUSAVI, N.; GOLARA, S. A fuzzy-QFD approach to balanced scorecard using an analytic network process. **International Journal of Information and Decision Sciences**, v. 5, n. 4, 2013.
- TOLEDO, O. M.; COSENZA, C. A. N. Metodologia de avaliação de desempenho baseada em lógica fuzzy. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA COBENGE, 2004, Brasília. **Anais...** 2004.
- TREMBLAY, M. C.; HERVNER, A. R.; BERNDT, D. J, Focus Groups for Artifact Refinement and Evaluation. **Design Research. Communications of the Association for Information Systems**, v. 26, n. 27, p. 599-618, 2010.
- TROKANAS, N.; CECELJA, F.; RAAFAT, T. Semantic approach for pre-assessment of environmental indicators in Industrial Symbiosis. **Journal of Cleaner Production**, p. 1 – 13. 2013.
- TUGGLE, C. K. et al. Computational integration of structural and functional genomics data across species to develop information on the porcine inflammatory gene regulatory pathway. **Developments in Biologicals**. PINARD, M. H.; GAY, C., et al. v. 132, p. 105-113, p. 2008.
- USCHOLD, M.; GRUNINGER M. Ontologies: principles, methods and applications. **Knowledge engineering review**. p. 93-136, 1996.
- USCHOLD, M.; KING, M. Towards a methodology for building ontologies. In: Workshop On Basic Ontological Issues In Knowledge Sharing, Montreal: Canada, 1995. **Proceedings...** Montreal, Canadá, p. 1-13. 1995.
- VARGAS, Milton. **Metodologia da pesquisa tecnológica**. Rio de

Janeiro: Editora Globo, 1985.

VELIMIROVIC, G.; VELIMIROVIC, M.; STANKOVIC, R. Role and importance of key performance indicators measurement. **Serbian Journal of Management**, v. 6, n 1, p. 63 – 72, 2011.

VILELA, R. M.; OLIVEIRA, M. J. Option pricing with fractional volatility. **Quantitative Finance Papers**, 2004.

VOORSPOELS, W. et al. Deriving semantic structure from category fluency: Clustering techniques and their pitfalls. In: **Cortex XXX**. p. 1 – 18. 2013.

W3C. **Properties of date and time**. Disponível em < <http://www.w3.org/TR/2012/REC-xmlschema11-2-20120405/#dt-dt-7PropMod>>. Acesso: 09 set. 2015.

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**, Macaé, v. 6, p. 3 -10, 2010.

WU, W. W.; LEE, Y. T. Developing global managers competencies using the fuzzy DEMATEL method. **Expert Systems with Applications**, v. 32, n. 2, p. 499-507, 2007.

YAGUINUMA, C. A.; SANTOS, M. T. P.; BIAJIZ, M. Meta-ontologia Difusa para Representação de Informações Imprecisas em Ontologias. In: II WORKSHOP ON ONTOLOGIES AND METAMODELING IN SOFTWARE AND DATA ENGINEERING. **Proceedings...** João Pessoa, 2007, v. 1, p. 57-67.

ZADEH, L. A. Fuzzy Sets as the Basis for a Theory of Possibility. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 1, p. 3-28, 1978.

ZADEH, L. A. Fuzzy Sets. **Information and Control**, New York, v. 8, p. 338-352, 1965.

ZADEH, L. A. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. **IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics**, v. SMC-3, n. 1, p. 28 – 44, jan. 1973.

ZHOU, Q.; FIKES, R. A reusable time ontology. **Working Notes of AAAI Workshop on Ontologies and the Semantic Web**, p. 1–6, 2002.

ZIMMERMANN, H. J. Fuzzy set theory. **Advanced Review**. V. 2, p.

317-332 mai/jun, 2010.

ZIMMERMANN, H. J. **Fuzzy sets theory and its applications.**
Boston: Kluwer, 1991.

APÊNDICES

APÊNDICE A – RELATÓRIOS DO ONTOKEM

A.1 RELATÓRIO DE PROJETO

ONTOLOGIA

Indicadores

DOCUMENTO

Escopo do Projeto

(versão 1.0)

02-07-2015

Descrição:

Ontologia para representação semântica de indicadores considerando-se aspectos de vaguidade, imprecisão, temporalidade e relacionamento entre indicadores.

A.2 PERGUNTAS DE COMPETÊNCIA

ONTOLOGIA

Indicadores

DOCUMENTO

Perguntas de Competência

(versão 1.0)

02-07-2015

1) A qual entidade o indicador se refere?

Termos Sugeridos: Entidade

Relações Sugeridas: temEntidade; temIndicador

2) A qual variável o indicador está relacionado?

Termos Sugeridos: Variável

Relações Sugeridas: temIndicador; temVariavel

3) Com quais outros indicadores um indicador se relaciona?

Termos Sugeridos: Envia dados; Recebe dados

Relações Sugeridas: enviaDadosPara; recebeDadosDe

4) Como se pode determinar o grau de relação de um indicador com determinada variável

linguística?

Termos Sugeridos: Variável Linguistica

Relações Sugeridas: temVariavelLinguistica

5) Como um indicador é composto?

Termos Sugeridos: Atributo; Critério; Fórmula; Tempo; Variável Linguística

Relações Sugeridas: temAtributo; temCritério; temFormula; temTempo; temVariavelLinguistica

6) O que o indicador se refere?

Termos Sugeridos: Descrição; Peso; Valor

Relações Sugeridas: temDescricao; temPeso; temValor

7) Quais são os critérios para sua avaliação?

Termos Sugeridos: Critério

Relações Sugeridas: temDescricao

8) Qual a fórmula para cálculo de um indicador?

Termos Sugeridos: Fórmula

Relações Sugeridas: temFórmula

9) Qual a importância de um indicador no conjunto de indicadores?

Termos Sugeridos: Peso

Relações Sugeridas: temPeso

10) Qual a importância do tempo para a avaliação do indicador?

Termos Sugeridos: Tempo

Relações Sugeridas: temTempo

11) Qual o valor apurado pelo indicador?

Termos Sugeridos: Valor

Relações Sugeridas: temValor

A.3 VOCABULÁRIO

ONTOLOGIA

Indicadores

DOCUMENTO

Vocabulário Completo

(versão 1.0)

02-07-2015

1) Atributo

Tipo: Termo a Definir

Descrição: Descreve os dados que são utilizados para o cálculo de um indicador, podendo variar em quantidade e conteúdo de acordo com o domínio a ser representado.

2) Atributo

Tipo: Classe

Descrição: Determina quais atributos são empregados para o cálculo

de um indicador.

3) Critério

Tipo: Termo a Definir

Descrição: Especifica os critérios para a avaliação de um indicador. Este conhecimento é obtido a partir do especialista.

4) Critério

Tipo: Classe

Descrição: Define os critérios de avaliação do indicador.

5) Descrição

Tipo: Termo a Definir

Descrição: Apresenta a descrição do termo.

6) Entidade

Tipo: Classe

Descrição: Identifica a que entidade está um conjunto de indicadores relacionado

7) Entidade

Tipo: Termo a Definir

Descrição: Especifica a qual entidade um indicador está relacionado.

Para exemplificar, no domínio de qualidade de água, a entidade seria a

concessionária interessada na análise dos indicadores.

8) Envia dados

Tipo: Termo a Definir

Descrição: Especifica um relacionamento entre indicadores do tipo "envia dados para".

9) enviaDadosPara

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Especifica um relacionamento entre indicadores, onde um indicador envia dados para o outro.

10) Fórmula

Tipo: Termo a Definir

Descrição: Especifica a fórmula para cálculo ou apuração de um indicador.

11) Fórmula

Tipo: Classe

Descrição: Especifica a fórmula de cálculo de um indicador.

12) Indicador

Tipo: Classe

Descrição: Detalha o indicador que está sendo analisado.

13) Peso

Tipo: Termo a Definir

Descrição: Especifica o grau de importância de um indicador dentro de um conjunto de indicadores.

14) Recebe dados

Tipo: Termo a Definir

Descrição: Especifica um relacionamento entre indicadores do tipo "recebe dados de".

15) recebeDadosDe

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Especifica um relacionamento entre indicadores, onde um indicador recebe dados de outro indicador.

16) temAlfa

Tipo: Propriedade de Dados

Descrição: Determina o grau de pertencimento de um indicador a determinada variável linguística.

17) temAtributo

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Especifica uma relação entre indicador e atributo.

18) temBeta

Tipo: Propriedade de Dados

Descrição: Determina o grau de pertencimento de um indicador a determinada variável linguística.

19) temCritério

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Especifica uma relação entre indicador e critério.

20) temDadosTempo

Tipo: Propriedade de Dados

Descrição: Propriedade que representa o tempo.

21) temDelta

Tipo: Propriedade de Dados

Descrição: Determina o grau de pertencimento de um indicador a determinada variável linguística.

22) temDescricao

Tipo: Propriedade de Dados

Descrição: Especifica a descrição da classe/termo.

23) temFórmula

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Especifica uma relação entre indicador e fórmula.

24) temGama

Tipo: Propriedade de Dados

Descrição: Determina o grau de pertencimento de um indicador a determinada variável linguística.

25) temIndicador

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Especifica uma relação entre variável e indicador.

26) temNome

Tipo: Propriedade de Dados

Descrição: Descreve o nome de uma classe.

27) temPeso

Tipo: Propriedade de Dados

Descrição: Determina o peso da classe.

28) Tempo

Tipo: Termo a Definir

Descrição: Especifica em que momento do tempo um indicador está relacionado.

29) Tempo

Tipo: Classe

Descrição: Determina sobre qual momento do tempo este indicador está relacionado.

30) temTempo

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Especifica uma relação entre indicador e tempo.

31) temValor

Tipo: Propriedade de Dados

Descrição: Determina o valor da classe.

32) temVariavel

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Especifica uma relação entre entidade e variável.

33) temVariavelLinguistica

Tipo: Relação entre Classes

Descrição: Especifica uma relação entre indicador e a variável linguística.

34) Thing

Tipo: Classe

Descrição: Classe raiz.

35) Valor

Tipo: Termo a Definir

Descrição: Determina o valor atribuído a um termo/classe.

36) Variável

Tipo: Classe

Descrição: Descreve a que variável um indicador está relacionado,

isto é, a que conjunto de indicadores ele se refere, ou que variável está

sendo avaliada, cujo conjunto de indicadores está se referindo.

37) Variável

Tipo: Termo a Definir

Descrição: Especifica a quem variável um indicador está relacionado.

Para exemplificar, no domínio de qualidade de água, a entidade seria a

concessionária interessada na análise dos indicadores e a variável seria "qualidade da água", que compreende por sua vez um conjunto de indicadores, como PH, turbidez, cloro, entre outros.

38) Variável Linguística

Tipo: Termo a Definir

Descrição: Especifica as relações difusas de um indicador com as variáveis linguísticas atribuídas a ele. Utiliza conceitos de lógica difusa.

39) VariavelLinguistica

Tipo: Classe

Descrição: Determina o grau de pertencimento de um determinado indicador em relação a uma variável linguística.

A.4 HIERARQUIA DE CLASSES

ONTOLOGIA
Indicadores
DOCUMENTO
Hierarquia de Classes
(versão 1.0)
02-07-2015

1) Atributo

Sub-Classes:

2) Critério

Sub-Classes:

3) Entidade

Sub-Classes: Variável

4) Fórmula

Sub-Classes:

5) Indicador

Sub-Classes: Atributo; Critério; Fórmula; Tempo; Variável_Linguística

6) Tempo**Sub-Classes:****7) Thing****Sub-Classes:** Entidade**8) Variavel****Sub-Classes:** Indicador**9) VariavelLinguistica****Sub-Classes:**

A.5 DICIONÁRIO DE CLASSES

ONTOLOGIA

Indicadores

DOCUMENTO

Dicionário de Classes

(versão 1.0)

02-07-2015

1) Atributo**Propriedades:** temDescricao; temValor; [Indicador] temDescricao; [Indicador] temValor; [Indicador] temPeso; [Entidade] temDescricao**Relações:** [Indicador] enviaDadosPara; [Indicador] recebeDadosDe; [Indicador] temAtributo; [Indicador] temCritério; [Indicador] temFórmula;

[Indicador] temTempo; [Indicador] temVariavelLinguistica; [Variavel] temIndicador; [Entidade] temVariavel

Restrições:**Instancias:****2) Critério****Propriedades:** temDescricao; [Indicador] temDescricao; [Indicador] temValor; [Indicador] temPeso; [Entidade] temDescricao**Relações:** [Indicador] enviaDadosPara; [Indicador] recebeDadosDe; [Indicador] temAtributo; [Indicador] temCritério; [Indicador] temFórmula;

[Indicador] temTempo; [Indicador] temVariavelLinguistica; [Variavel] temIndicador; [Entidade] temVariavel

Restrições:**Instancias:****3) Entidade**

Propriedades: temDescricao

Relações: temVariavel

Restrições:

Instancias:

4) Fórmula

Propriedades: temDescricao; [Indicador] temDescricao; [Indicador] temValor; [Indicador] temPeso; [Entidade] temDescricao

Relações: [Indicador] enviaDadosPara; [Indicador] recebeDadosDe; [Indicador] temAtributo; [Indicador] temCritério; [Indicador] temFórmula;

[Indicador] temTempo; [Indicador] temVariavelLinguistica; [Variavel] temIndicador; [Entidade] temVariavel

Restrições:

Instancias:

5) Indicador

Propriedades: temDescricao; temValor; temPeso; [Entidade] temDescricao

Relações: enviaDadosPara; recebeDadosDe; temAtributo; temCritério;

temFormula; temTempo; temVariavelLinguistica; [Variavel] temIndicador; [Entidade] temVariavel

Restrições:

Instancias:

6) Tempo

Propriedades: temDadosTempo; [Indicador] temDescricao; [Indicador]

temValor; [Indicador] temPeso; [Entidade] temDescricao

Relações: [Indicador] enviaDadosPara; [Indicador] recebeDadosDe; [Indicador] temAtributo; [Indicador] temCritério; [Indicador] temFórmula;

[Indicador] temTempo; [Indicador] temVariavelLinguistica; [Variavel] temIndicador; [Entidade] temVariavel

Restrições:

Instancias:

7) Thing

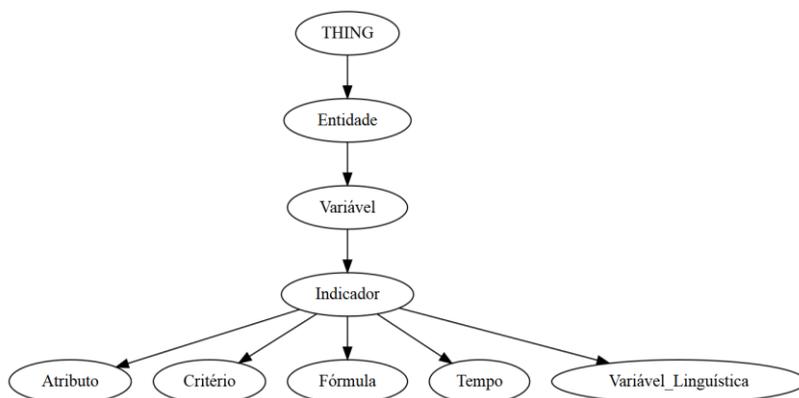
Propriedades:

Relações:

Restrições:

Instancias:**8) Variavel****Propriedades:** [Entidade] temDescricao**Relações:** temIndicador; [Entidade] temVariavel**Restrições:****Instancias:****9) Variável_Linguística****Propriedades:** temDelta; temAlfa; temBeta; temGamma; temNome;
[Indicador] temDescricao; [Indicador] temValor; [Indicador] temPeso;
[Entidade] temDescricao**Relações:** [Indicador] enviaDadosPara; [Indicador] recebeDadosDe;
[Indicador] temAtributo; [Indicador] temCritério; [Indicador]
temFórmula;[Indicador] temTempo; [Indicador] temVariavelLinguistica; [Variavel]
temIndicador; [Entidade] temVariavel**Restrições:****Instancias:**

A.6 GRAFO



APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Eu, _____, consinto em participar voluntariamente da pesquisa realizada pelo doutorando **VANDERLEI FREITAS JUNIOR**, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento da UFSC, sob orientação do **Prof. Dr. ALEXANDRE LEOPOLDO GONÇALVES**, para fins de investigação científica sobre o título: **ONTOLOGIA PARA REPRESENTAÇÃO SEMÂNTICA DE INDICADORES DE DESEMPENHO**.

Eu concordo que o material e informações obtidas com a entrevista e formulário de pesquisa possam ser publicados, de forma anônima, para a pesquisa científica de Doutorado e, posteriormente, possam ser produzidos materiais para aulas, congressos, eventos científicos, palestras ou periódicos científicos, além de concordar com a gravação.

Estou ciente de que minha participação na entrevista durará aproximadamente 60 minutos, onde serão abordados aspectos referentes a minha percepção com o uso de indicadores de desempenho.

Estou ciente de que poderei solicitar informações durante qualquer fase da pesquisa, inclusive após a sua publicação.

Se eu tiver qualquer dúvida a respeito da pesquisa, poderei entrar em contato com o pesquisador através do e-mail: junior@tavolaredonda.com.br. Também poderei manter contato com o orientador do trabalho através do e-mail a.l.goncalves@ufsc.br.

NOME COMPLETO	
ORGANIZAÇÃO	
ASSINATURA	

APÊNDICE C – ROTEIRO PARA ENTREVISTA

Dimensão 1 – Identificação dos participantes

Nome completo	
E-mail	
Formação	
Organização	
Posição na empresa	
Área de experiência	

Dimensão 2 – Avaliação da importância das classes do modelo

Na análise de indicadores de desempenho para a tomada de decisão, indique seu grau de influência e relevância para cada um dos elementos a seguir:

2.1. Entidade: informação acerca da organização, companhia ou setor interessados na apuração de determinado indicador, garantindo-lhe contexto.

- () influencia extremamente
- () influencia muito
- () influencia um pouco
- () não influencia muito
- () não influencia nada

2.2. Variável: informação sobre qual processo ou conjunto de indicadores a que um dado indicador está relacionado.

- () influencia extremamente
- () influencia muito
- () influencia um pouco
- () não influencia muito
- () não influencia nada

2.3. Indicador e suas relações com outros indicadores: informação sobre as relações estabelecidas por um indicador com outros indicadores.

- influencia extremamente
- influencia muito
- influencia um pouco
- não influencia muito
- não influencia nada

2.4. Variável Linguística: relativização de um indicador, atribuindo-lhe certas variáveis linguísticas tais como “bom”, “mal”, “alto”, “baixo” e em que grau o valor de um indicador está relacionado com estas variáveis.

- influencia extremamente
- influencia muito
- influencia um pouco
- não influencia muito
- não influencia nada

2.5. Critério: informação sobre os critérios adotados para avaliar um determinado indicador.

- influencia extremamente
- influencia muito
- influencia um pouco
- não influencia muito
- não influencia nada

2.6. Fórmula: informação sobre cálculos matemáticos, fórmulas e processamentos necessários para apurar o valor de um indicador.

- influencia extremamente
- influencia muito
- influencia um pouco
- não influencia muito
- não influencia nada

2.7. Atributos: informação sobre todos os dados necessários para a composição do valor de um indicador.

- () influencia extremamente
- () influencia muito
- () influencia um pouco
- () não influencia muito
- () não influencia nada

2.8. Tempo: informação sobre a qual ponto no tempo um indicador está relacionado.

- () influencia extremamente
- () influencia muito
- () influencia um pouco
- () não influencia muito
- () não influencia nada

2.9. Algum outro aspecto deixou de ser considerado, mas que recebe influência na tomada de decisão no uso de indicadores de desempenho?

Dimensão 3 – Avaliação geral do modelo proposto

3.1. Após a criação da representação de um indicador de sua área de domínio, como você avalia o modelo proposto?
