



Uma revisão sistemática sobre ontologia da confiança

Isa' Lice da Mota Rodrigues Salgado^I
<https://orcid.org/0000-0002-1117-3041>

Fernando William Cruz^{II}
<https://orcid.org/0000-0001-5640-773X>

Renato Tarciso Barbosa de Sousa^{III}
<https://orcid.org/0000-0002-5647-7903>

^I Universidade de Brasília, DF, Brasil.
Doutoranda em Ciência da Informação.

^{II} Universidade de Brasília, DF, Brasil.
Professor Adjunto na Graduação em Engenharia de Software e na Pós-graduação em Ciência da Informação.

^{III} Universidade de Brasília, DF, Brasil.
Professor associado do Curso de Arquivologia.

<http://dx.doi.org/10.1590/1981-5344/29202>

O artigo descreve as análises e os resultados de uma revisão sistemática realizada para elaborar uma síntese das principais abordagens já publicadas sobre ontologia da confiança e para identificar as tendências e oportunidades para novas pesquisas sobre o assunto. A metodologia adotada foi a Teoria da Meta Abordagem Analítica Consolidada (TEMAC), com inclusão de análises quantitativas e qualitativas em três etapas: planejamento e elaboração; apresentação e inter-relacionamento dos dados; e detalhamento, integração e validação de evidências. O resultado destaca cinco questões principais. A evolução histórica das investigações em ontologia da confiança coincide com as pesquisas em *web semântica* e

o uso de modelagem ontológica para este domínio tem início em 2003; há predominância de autores da Ciência da Computação; a maioria das ontologias de confiança publicadas adotaram abordagem de modelagem computacional; e, por fim, a existência de um vazio teórico nas pesquisas sobre o tema no âmbito da Ciência da Informação, em especial que considerem a Teoria do Conceito. Foi possível concluir que é oportuno e pertinente realizar novas pesquisas sobre ontologia da confiança.

Palavras-chave: *ontologia da confiança; modelos de confiança; TEMAC; Teoria do Conceito.*

A systematic review of trust ontology

The article describes the analyzes and results of a systematic review carried out to elaborate a synthesis of the main approaches already published on trust ontology and to identify trends and opportunities for further research on the subject. The adopted methodology was the Consolidated Analytical Target Theory (TEMAC), with the inclusion of quantitative and qualitative analyzes in three stages: planning and elaboration; presentation and interrelation of data; and details, integration and validation of evidence. The result highlights five main issues. The historical evolution of investigations in ontology of trust coincides with research in the semantic web and the use of ontological modeling for this domain began in 2003; there is a predominance of Computer Science authors; most of the published trust ontologies have adopted a computational modeling approach; and, finally, the existence of a theoretical void in research on the topic within the scope of Information Science, especially considering the Theory of Concept. It was possible to conclude that it is opportune and pertinent to carry out new research on trust ontology.

Keywords: *trust ontology; trust models; TEMAC; Theory of Concept.*

Recebido em 26.01.2021 Aceito em 04.10.2022

1 Introdução

A confiança está presente nos momentos mais corriqueiros da vida cotidiana. É um ingrediente básico de qualquer interação social. Aliás, na vida contemporânea, a existência ou não de confiança tem reflexo no sentimento coletivo de segurança com relação ao futuro, o que multiplica a importância do tema e provoca impacto na geração de crenças ou expectativas de acontecimentos das mais diversas naturezas, em especial no ambiente político e econômico. Tais reflexos podem ser encontrados na obra de reconhecidos estudiosos. Para Niklas Luhmann (1979), por exemplo, a confiança é um importante mecanismo de redução de complexidade. Para Echeverría (1999), por sua vez, a confiança é a *"viga mestra das empresas do futuro"*. Segundo ele, toda relação social que não se sustente pela força tem como fundamento a confiança. O tema também tem espaço na obra de Diego Gambetta (2000), autor de uma definição de confiança amplamente aceita na literatura: *"é a probabilidade subjetiva com a qual um agente espera que outro agente ou grupo de agentes realize uma ação específica da qual depende seu bem-estar"*.

A relevância desse ingrediente pode ser observada também na crescente força do fenômeno "notícias falsas" (na língua inglesa, *fakenews*) e sua difusão em alta velocidade por meio das redes sociais. Tais "notícias" afetam a confiabilidade de tudo e de todos, com impacto em diferentes sistemas sociais. Exemplos de *fakenews* com grande repercussão mundial são os mecanismos de eleição do presidente Donald Trump, nos Estados Unidos da América (EUA) em 2016, e o início do processo de saída do Reino Unido da União Europeia, apelidada de *Brexit*, também em 2016. A influência de *fakenews* nesses acontecimentos históricos foi amplamente divulgada na imprensa mundial e está registrada no documentário estadunidense "O dilema das redes", dirigido por Jeff Orlowski e lançado pela rede Netflix, em 9 de setembro de 2020. Outro fator, do ponto de vista contextual, que acrescenta importância ao tema confiança são as mudanças rápidas e imprevisíveis decorrentes da transformação digital nos mais diversos aspectos da vida humana, ou seja, provocadas pela implementação de novas tecnologias, como Internet das Coisas (na língua inglesa, *Internet of Things* - IoT), *bigdata*, *blockchain* e *bitcoin*. Essa imprevisibilidade tem sido um dos fatores de

impacto na confiança nos mais diversos setores da economia e pode ser causa de graves crises no mercado financeiro. Sobre isso, quem fez significativos alertas públicos foi Christine Lagarde, enquanto era diretora-gerente do Fundo Monetário Internacional (FMI) (CARDOSO, 2017). O assunto também tem sido objeto de publicações de renomados autores, dentre eles: Gérard Duménil, Sandro Mezzadra, Brett Neilson, David Harvey e Thomas Piketty.

A importância da discussão atual sobre confiança está demonstrada também pela enorme quantidade de eventos, artigos e periódicos que tratam especificamente sobre o tema. A título de exemplo de revistas que tem publicações relacionadas podem ser citadas a *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies* e a *Decision support systems*. E dentre os eventos que tratam confiança como tema central merecem destaque o *Joint iTrust and PST Conferences on Privacy, Trust Management and Security* (IFIPTM) e o *IEEE TrusCom*, este promovido pelo *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE, na língua portuguesa Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos), importante organização profissional da Engenharia, fundada nos Estados Unidos. Cabe, porém, ressaltar que, em geral, o tema recebe tratamentos distintos e aparentemente desconexos entre si. Ainda nessa linha, percebe-se uma enorme variedade de abordagens envolvendo pesquisadores de áreas distintas, o que gera uma miríade de publicações que geralmente dificultam a percepção de uma definição mais uniforme, assertiva e comum a todas as áreas de conhecimento que utilizam esse conceito. Tal resultado reforçou a importância do tema e, ao mesmo tempo, demonstrou que o termo confiança é muito abrangente e causa confusão conceitual, podendo seu uso depender da área em que está sendo avaliado, seja numa instituição financeira, num sistema de IoT ou na *web semântica*.

Para tal situação, a Ciência da Informação (CI) possui um enorme arsenal teórico, em especial trabalha com Sistemas de Organização do Conhecimento (SOC), que podem auxiliar na compreensão e na representação de conhecimento relativo à confiança. É o caso, por exemplo, dos modelos conceituais¹ orientados por ontologias², que têm sido considerados “*uma poderosa ferramenta para o entendimento,*

¹ Os modelos são instrumentos de comunicação em que a informação é apreendida e transferida por meio de uma estrutura de representação. Eles são utilizados em atividades humanas para representar a realidade de forma simplificada (OLIVEIRA, ALMEIDA, 2011). Os modelos conceituais, por sua vez, são produtos do processo de modelagem conceitual que, segundo Mylopoulos (1992, p.3), é “*a atividade de descrever formalmente alguns aspectos do mundo físico e social, com o propósito de conhecimento e comunicação*”.

² O termo ontologia aqui é usado no sentido de possibilidade de reutilização e compartilhamento de conhecimento formal (LIMA-MARQUES, 2006).

comunicação e análise de um domínio do conhecimento, explicitando seus conceitos e reduzindo a ambiguidade terminológica" (GUIZZARDI, 2007). Além disso, a orientação dos modelos por ontologias também foram reconhecidos por promover entendimento do usuário em relação aos sistemas sem expor informações mais técnicas de implementação, por auxiliar a compreensão da realidade e à construção de alternativas para a superação de problemas, por contribuir no encontro de formas de organizar e compartilhar informações confiáveis e, ainda, por viabilizar o gerenciamento e da interoperabilidade de sistemas de informação e de plataformas integradas (FRAGOMENI, 2019). Ainda em termos de referência teórica fornecidos pela CI para elaboração de modelos orientados por ontologias, a Teoria do Conceito (TC, na língua Inglesa, *Theory of Concept*), descrita por Dahlberg (1978) merece ser considerada. Segundo Gomes e Bragato Barros (2020), por exemplo, o uso da TC poderia fornecer uma ferramenta para melhor modelagem dos domínios de conhecimento, uma vez que as ontologias objetivam representar conceitos que formam domínios de conhecimento e a TC busca entender como os conceitos são formados. Portanto, a adoção de tais ferramentas, pode ser útil para entender melhor o significado conceitual de confiança, já que ela desempenha um papel essencial nas relações sociais e é fundamental, por exemplo, em avaliações de confiança no ambiente empresarial para que os tomadores de decisão evitem decisões incorretas decorrentes de descompasso na compreensão sobre os parâmetros de confiabilidade.

A partir da identificação da relevância do tema confiança e das diferentes formas de representá-la, considerando os fundamentos da CI para a representação do conhecimento, uma revisão sistemática de literatura foi planejada e realizada. A revisão teve a finalidade de identificar o que tem sido discutido, as formas de representação que têm sido usadas e qual o viés adotado na aplicação desses ferramentais para formalização do conhecimento sobre confiança. O escopo da revisão foi delimitado pela expressão "ontologia da confiança". Assim, mais especificamente, o objetivo da revisão foi elaborar uma síntese das principais abordagens já publicadas sobre ontologia da confiança e a identificação de tendências e oportunidades para novas pesquisas sobre o assunto. O objetivo desse artigo, por sua vez, é apresentar as análises e resultados decorrentes da referida revisão. A metodologia adotada está descrita a seguir, na seção 2.

2 Metodologia adotada

Em função da grande quantidade de dados e fontes de informações encontradas sobre confiança, para viabilizar e justificar a revisão foi necessária a escolha de uma metodologia que permitisse sistematizar os

achados. A ideia inicial foi utilizar um conjunto de métodos para consultar e coletar as referências de uma forma sistemática e rigorosa na busca de elaborar uma síntese das principais abordagens já publicadas sobre ontologia da confiança e a identificação de tendências e oportunidades para novas pesquisas sobre o assunto. Assim, do ponto de vista metodológico, a escolha foi a realização de uma revisão sistemática da literatura, sob orientações detalhadas nesta seção.

A revisão integrada e sistemática apresentada neste artigo foi executada a partir da aplicação da Teoria de Enfoque Meta Analítico Consolidado (TEMAC), de Mariano e Rocha (2017), que inclui análises quantitativas e qualitativas. A técnica prevê a execução de três etapas para identificação da literatura e realização de análises segundo as leis da Bibliometria. A primeira etapa é a preparação da pesquisa; a segunda, a apresentação e interrelação dos dados; e a terceira inclui o detalhamento, a integração e a validação por evidências. A Figura 1 esquematiza as etapas do TEMAC.

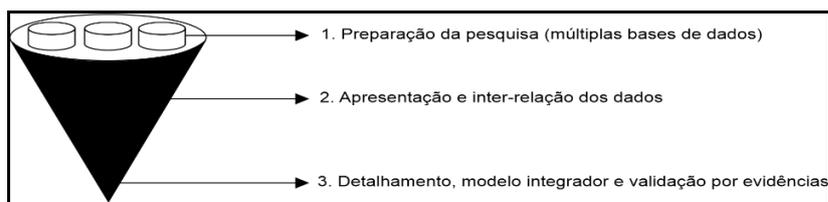


Figura 1- Modelo Teoria de Enfoque Meta Analítico Consolidado (TEMAC)
Fonte: Mariano e Rocha (2017)

Na primeira etapa, foram selecionadas as bases de dados para consulta a partir de três pressupostos. O primeiro foi a garantia da representatividade dos resultados e, para isso, foram consideradas as informações obtidas em três bases multidisciplinares internacionais que congregam os principais índices de citações científicos: Web of Science (WoS), Scopus, Google Scholar (GS). O segundo foi o uso de duas bases especializadas em CI: Information Science & Technology Abstracts (LISA, ProQuest) e Library Literature & Information Science Full Text (LISTA). E o terceiro foi o necessário alcance da produção acadêmica no Brasil por meio de consultas à Base de Dados Referencial de Artigos de Periódicos em Ciência da Informação (Brapci)³ e em repositórios de bibliotecas brasileiras. Para a seleção de repositórios, o critério foi consultar bibliotecas vinculadas às instituições com nota cinco e seis na avaliação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

³ <http://www.brapci.inf.br/>

dos programas de pós-graduação em CI no Brasil⁴, além da Universidade de São Paulo (Nota quatro), por ter sido considerada a melhor universidade brasileira pelo Times Higher Education (THE), 2020⁵.

Na segunda etapa, voltada para a apresentação e interrelação dos dados, foram efetivamente coletados os itens das bases selecionadas. A coleta foi realizada a partir de consultas feitas entre os dias 9 e 19 de maio de 2020 e envolveu publicações relacionadas à ontologia da confiança no período de janeiro de 1990 a maio de 2020. Por fim, na terceira etapa, sobre o detalhamento, a integração e a validação por evidências, foram calculados índices bibliométricos, no caso a cocitação e o acoplamento bibliográfico (na língua inglesa, bibliographic coupling), o que possibilitou identificar relações entre autores, referências, países e, principalmente as abordagens presentes nas publicações e as tendências de investigação. Para a formação das redes a partir da leitura dos dados das bases Web of Science e Scopus, foi utilizada uma ferramenta de software para construção e visualização de redes bibliométricas denominada Vosviewer⁶, na versão 1.6.13. E, na sequência, os resultados obtidos foram comparados com os achados das outras bases consultadas.

3 Revisão de literatura

No planejamento, após o estudo da metodologia adotada e a seleção das bases de dados para a consulta, foi executada a seleção do descritor *trust ontology*, em língua inglesa. O termo foi selecionado, e substituiu a expressão ontologia da confiança da língua portuguesa, por ser o mais frequente entre as palavras-chave constantes em artigos obtidos a partir de consultas preliminares feitas na ferramenta de busca do *Google*. Após a definição do descritor, por meio de buscas exploratórias foi encontrado um reduzido número de registros – 26 na *WoS* e 39 na *Scopus*. Entretanto, na base GS foi encontrado uma quantidade de publicações significativamente maior que as demais bases e repositórios consultados: mais de quatro centenas de documentos. Ao verificar as causas dessa diferença, foi constatado que a GS inclui uma maior diversidade de idiomas, de tipos de publicações, além de documentos anteriores a 2005. Por exemplo, na GS foram recuperados documentos em dez idiomas, enquanto nas outras bases constam apenas um, dois ou três idiomas, sendo em sua maioria documentos elaborados na língua inglesa. Outro

⁴ A busca incluiu bibliotecas das seguintes universidades brasileiras: Universidade De Brasília (UnB), Universidade Estadual Paulista Júlio De Mesquita Filho, Marília (Unesp-Mar), Universidade Federal De Minas Gerais (UFMG) e Universidade Federal De Santa Catarina (UFSC).

⁵ <https://educacao.uol.com.br/noticias/2019/09/11/as-11-universidades-do-brasil-que-entraram-em-ranking-das-melhores-do-mundo.htm>

⁶ Está disponível em <http://www.vosviewer.com/>

exemplo, em relação ao tipo de publicações, além de artigos científicos e de trabalhos apresentados em conferências, localizados nas outras bases, a GS retornou apresentações, prêmios, relatórios de projetos, relatórios de trabalhos, livros, capítulos de livros, teses, dissertações etc. Após levantamento da quantidade de publicações encontradas, foi entendido como viável fazer a análise bibliométrica considerando o universo dos registros das bases, sem adotar nenhuma restrição espaço-temporal e de áreas de conhecimento. Assim, todos os registros foram considerados nesta revisão, apesar de que, a título de garantir precisão na consulta, a identificação dos itens passou por uma validação que considerou os tipos de registros, as repetições na própria base e as repetições entre as bases. Ao final, para a realização da revisão foram identificados e obtidos os registros na quantidade citada na Tabela 1.

Tabela 1 – Quantidade de registros coletados nas bases de dados

| Base de dados consultada | Registros | | | |
|--------------------------|-----------|----------------------|---------------------------|------------------------|
| | Total | Excluídos da análise | Repetidos na própria base | Distintos em cada base |
| WoS | 26 | 0 | 0 | 26 |
| Scopus | 39 | 0 | 1 | 38 |
| GS | 484 | 0 | 23 | 461 |
| LISA ProQuest | 53 | 0 | 3 | 50 |
| LISTA | 30 | 0 | 0 | 30 |
| Bibliotecas USP | 99 | 11 | 8 | 80 |
| Bibliotecas UNESP | 77 | 11 | 6 | 71 |
| Total | 808 | 22 | 41 | 767 |

Fonte: elaboração própria.

Cabe, no entanto, esclarecimentos sobre o conteúdo de duas colunas da Tabela 1. Os 22 registros informados no campo "Total" da coluna "Registros – Excluídos na Análise" se referem a 11 registros dos tipos verbete e recurso textual do repositório das bibliotecas da USP; e a 11 registros dos tipos entrada de referência, resenha e recurso textual no caso do repositório das bibliotecas da UNESP. Tais itens são recursos de organização ou divulgação científica utilizados na catalogação de bibliotecas e foram excluídos da análise por se tratarem de tipos que, com certeza, não contém modelos, nem abordagens do objeto de estudo da presente revisão. Já a coluna "Registros – Repetidos na própria Base" contém a quantidade de itens repetidos na própria base, sendo sua exclusão necessária para fornecer consistência para as análises subsequentes. Em resumo, foram obtidos 808 itens e, após as exclusões mencionadas, restaram 767.

Tabela 2 – Tipos de publicações

| Tipo de publicações | Quantidade | Percentual |
|-----------------------------------|------------|------------|
| Comunicado de conferência | 266 | 49% |
| Artigo de pesquisa | 132 | 24% |
| Tese PHD, Dissertação de mestrado | 56 | 10% |
| Livro | 33 | 6% |
| Relatório Técnico | 11 | 2% |
| Slides de apresentação | 11 | 2% |
| Capítulo de livro | 8 | 1% |
| Outros | 26 | 5% |
| Total | 543 | 100% |

Fonte: elaboração própria.

Na sequência, foi realizada a comparação e exclusão de registros repetidos nas diferentes bases. Então, foram coletados 513 trabalhos distintos nas bases WoS, *Scopus* e GS, não sendo localizado nenhum registro na Brapci, na LISTA e nas bibliotecas da UFMG, UnB e UFSC. A título de comparação e complementação, foram feitas buscas na base LISTA pelos termos *trust* e *ontology*, em separado, e pelo termo ontologia da confiança, em português. Neste caso, foram encontrados trinta registros. Essa pesquisa foi realizada pela importância da base LISTA para as pesquisas em CI. Assim, no total foram considerados 543 itens. Ao final das consultas com os tipos considerados nesta revisão, a quantidade de registros obtidos está relacionada na Tabela 2.

3.1 Apresentação e interrelação dos dados

Após a identificação e obtenção dos 543 registros, a etapa de interrelação dos dados foi realizada. Na Figura 2 é apresentado um gráfico da evolução anual da quantidade de publicações encontradas. Sobre os registros mais antigos, como está ilustrado no gráfico, constam duas publicações da década de 1990. Tais publicações são discussões no campo da filosofia e da sociologia entre o autor do livro *Critical Encounters*, Fred Dallmayr, e dois críticos de suas ideias, Dieter Misgeld e Peter Kivisto. Essa discussão não possui relevância para a revisão em curso porque foge a seu escopo. Na sequência, somente foi localizada publicação em 2001. Trata-se do editorial *An ontology of quality initiatives and a model for decentralized, collaborative quality management on the (Semantic) World Wide Web*, publicado pelo *Journal of Medical Internet Research* (JMIR) e refere-se à qualidade das informações da área de saúde na Internet. Essa publicação é a primeira, de uma série crescente até o ano de 2010, que discute questões relacionadas à ontologia da confiança no âmbito das engenharias e da CC. Ela aborda a necessidade de transformação de fontes de informações não estruturadas em bases de conhecimento. Na Figura 2, é ainda possível perceber que, a partir de 2010, houve um decréscimo de publicações sobre o tema.

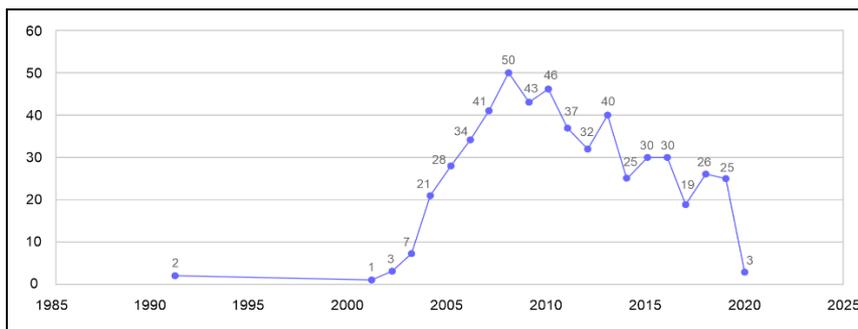


Figura 2 - Evolução da quantidade de registros
 Fonte: elaboração própria.

A busca feita na base *WoS* retornou apenas 26 registros. O registro mais antigo é o artigo Górski (2005), que trata sobre a confiabilidade de infraestrutura para produtos e serviços em tecnologia da informação. Resultados semelhantes também foram encontrados na busca à base *Scopus*. Tal consulta resultou em sete artigos de pesquisa e 31 comunicados de conferências. O registro mais antigo nessa base é o artigo Coetzee e P. Eloff (2005). Ele se refere a um artigo sobre a confiabilidade de Serviços WEB em ambientes baseados em *Extensible Markup Language* (XML). Para a identificação dos trabalhos de maior relevância sobre o tema, foram coletados e analisados dados bibliográficos relacionados às citações de 466 publicações. Infelizmente, para 77 registros, os dados não foram localizados. Assim, para essa análise foram desconsiderados 31 registros dos repositórios das bibliotecas das universidades, 16 registros da base LISA, 30 registros da base LISTA. Porém, a análise alcança o percentual de 85% dos registros, quantidade significativa para o objetivo de identificar as publicações mais citadas. Na sequência, são apresentadas duas tabelas com os artigos mais citados nas bases *WoS*, *Scopus* e GS.

Tabela 3 – *Scopus* e *WoS* – Artigos mais citados

| Ordem | Título | Referência | Total de citações - <i>Scopus</i> | Total de citações - <i>WoS</i> |
|-------|---|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| 1 | <i>A model to represent users trust in recommender systems using ontologies and fuzzy linguistic modeling</i> | Martinez-Cruz (2015) | 82 | 69 |
| 2 | <i>An ontology of trust - Formal semantics and transitivity¹</i> | Huang e Fox (2006) | 62 | 27 |
| 3 | <i>Comparative trust management with applications: Bayesian approaches emphasis</i> | Thirunarayan, et al (2014) | 39 | 31 |
| 4 | <i>A trust based methodology for Web service selection</i> | Galizia, Gugliotta e Domingue (2007) | 38 | 13 |

Fonte: elaboração própria.

Tabela 4 – GS – Artigos mais citados

| Ordem | Título | Referência | Citações (Total) |
|-------|--|--|------------------|
| 1 | <i>Trust networks on the semantic Web</i> | <i>Golbeck, Parsia e Hendler (2003)</i> | 635 |
| 2 | <i>Trust theory: A socio-cognitive and computational model</i> | <i>Castelfranchi e Falcone (2010)</i> | 560 |
| 3 | <i>Trust and reputation for service-oriented environments: technologies for building business intelligence and consumer confidence</i> | <i>Chang, Dillon e Hussain (2006)</i> | 360 |
| 4 | <i>Rule-based access control for social networks</i> | <i>Carminati, Ferrari e Perego (2006)</i> | 326 |
| 5 | <i>Accuracy of metrics for inferring trust and reputation in semantic Web-based social networks</i> | <i>Golbeck e Hendler (2006)</i> | 278 |
| 6 | <i>Knowledge representation with ontologies: the present and future</i> | <i>Brewster e O'Hara (2004)</i> | 259 |
| 7 | <i>A Framework for Information Technology Outsourcing Risk Management</i> | <i>Aubert, Patry e Rivard (2005)</i> | 250 |
| 8 | <i>IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology</i> | <i>Aubert, Schroeder e Grimaudo (2012)</i> | 248 |
| 9 | <i>Role of middleware for internet of things: A study</i> | <i>Bandyopadhyay et al (2011)</i> | 233 |
| 10 | <i>A new QoS ontology and its QoS-based ranking algorithm for Web services</i> | <i>Tran, Tsuji e Masuda (2009)</i> | 223 |

Fonte: elaboração própria.

Na Tabela 3 estão relacionadas as quatro publicações mais citadas nas bases *Scopus* e *WoS*. São identificados os títulos, as referências e o número de citações. E na Tabela 4, a seguir, estão relacionadas as dez publicações mais citadas na base *GS*. São listados os títulos, as referências e o número de citações. Importa ressaltar que, conforme mencionado anteriormente, o número de publicações obtidos na base *GS* foi maior que nas outras bases e repositórios consultados. Esse quantitativo também está refletido no número de citações. Por exemplo, os livros não fazem parte das outras bases, mas estão na *GS* e a quantidade de citações desse tipo de publicação é significativamente maior que a maior parte de outros tipos. Além disso e além de outros fatores, na *GS* há documentos anteriores a 2005 com destaque no número de citações. Dos registros encontrados na revisão, o artigo mais citado é o de *Golbeck, Parsia e Hendler (2003)*. Os autores do artigo são pesquisadores vinculados à *CC*. Eles apresentam uma ontologia da confiança que, nesta revisão, foi denominado *Golbeck's Trust Ontology*" (2003). Além dessa referência, dentre as publicações mais citadas, também são incluídos três livros. O primeiro é o de *Castelfranchi e Falcone (2010)*, obra com abordagens muito relevantes sobre o tema. Apresenta uma detalhada discussão sobre confiança e descreve fundamentos de uma ontologia da confiança. O segundo, de *Chang, Dillon e Hussain (2006)*, tem objetivo de contribuir no entendimento do corpo de conhecimento de confiança e reputação para ambientes orientados a serviços. Os autores destacam que a confiança é realizada por meio de relacionamentos. Cada relacionamento denota um valor de confiança do confiante no confiável e é definido para um contexto e intervalo de tempo

específicos. No livro, é apresentada uma base de ontologias de confiança divulgadas pelos autores em outros documentos, dentre eles *Chang, Dillon e Hussain (2007)* e *Schmidt et al. (2007)*. O terceiro, *Philippopoulos-Mihalopoulos (2015)*, não trata sobre modelagem e ontologias de confiança, portanto, não tem interesse para a discussão feita neste artigo. Além dessas publicações, diversas outras, em especial as listadas na Tabela 4, por serem as mais citadas, possuem propostas de novas ontologias de confiança e distintas abordagens sobre o tema.

Os 543 artigos considerados nesta revisão foram produzidos por 1.137 autores, com a frequência de publicação expressa na Tabela 5. O período em análise compreende publicações entre 1991 e 2019 localizadas em todas as bases consultadas para a presente revisão. O batimento dos resultados encontrados com os preceitos da Lei de Lotka (Grácio; Oliveira, 2013) evidencia que a maioria dos autores publica apenas uma vez e poucos autores têm mais de uma produção relevante. Mais precisamente, apenas quatro autores publicaram dez ou mais itens no período analisado e com, apenas, uma publicação sobre ontologia da confiança foram contabilizados 924 autores, número que corresponde a 81,27% do total.

Tabela 5 – Ontologia da confiança - Aplicação da Lei de *Lotka*

| Quantidade de publicações | Quantidade de autores | Percentual |
|---------------------------|-----------------------|------------|
| 11 | 2 | 0,18% |
| 10 | 2 | 0,18% |
| 9 | 3 | 0,26% |
| 8 | 3 | 0,26% |
| 7 | 4 | 0,35% |
| 6 | 4 | 0,35% |
| 5 | 7 | 0,62% |
| 4 | 21 | 1,85% |
| 3 | 34 | 2,99% |
| 2 | 133 | 11,70% |
| 1 | 924 | 81,27% |
| Total | 1137 | 100% |

Fonte: elaboração própria.

Segundo a Lei de Lotka, 60,8% dos autores de uma determinada área de estudo publicam apenas uma vez. Assim, com o objeto da presente pesquisa esse percentual foi superado em mais de 20 pontos percentuais. A significativa presença de coautoria, indicativo de publicações compartilhadas por grupos de pesquisa, professoras e alunos, orientadores e orientandos podem justificar esse resultado. Porém, neste momento do estudo, não estão claras as potenciais explicações para essa ocorrência. A quantidade de citações por autor, por sua vez, é um dos métodos mais amplamente utilizados em Bibliometria para identificar os trabalhos mais importantes para a área de pesquisa. Na Tabela 6 estão relacionados os nomes dos autores que mais foram citados segundo as bases de dados *WoS*, *Scopus* e *GS*. A Tabela também cita a quantidade de publicações de cada autor mencionado sobre o tema em revisão. Para uma análise comparativa, foi incluído o número de publicações dos

autores sobre *ontologia da confiança* identificadas nessa revisão. Também foi incluída a proporcionalidade de documentos e citações, informação obtida nas bases *WoS* e *Scopus*. As informações sobre o GS - citações e o *H-Index* dos autores foram obtidas diretamente no *Google Scholar*.

E ainda, por meio de análise dos dados da Tabela 6, é possível verificar que o tema ontologia da confiança é objeto de estudo de pesquisadores com significativo valor de H-Index. Na tabela estão listados os 10 autores com mais citações em publicações sobre o tema. Além deles, vale destacar *Mihhail Matskin*, *Pramod Anantharam*, *Mozhgan Tavakolifard*, *Nima Dokoochaki*, *Zhu Manling*, *Kamaljit Kaur Bimrah* e *David Preston*. É mister ressaltar que o autor com mais citações é *Amit P. Sheth*⁷, dirigente do *Ohio Center of Excellence in Knowledge-enabled Computing* (Kno.e.sis Center). Ele é um dos autores mais citados em CC. Nesta revisão, assinados por ele, foram identificadas oito publicações sobre ontologia da confiança. O segundo autor com maior número de citações é *Mark Stephen Fox*, pesquisador do *Industrial Engineering and Computer Science* e bolsista sênior do *Global Cities Institute*. Em seu currículo ele revela ter interesse em investigações em Inteligência Artificial, Cidades Inteligentes, ontologias e agentes.

Tabela 6 – Autores – mais publicam *versus* mais citados⁸

| Autor | H-INDEX (Todos) | H-INDEX (Desde 2015) | GS - Citações | Publicações Ontologia da confiança | WoS - (Docs/Citações) | Scopus - (Docs/Citações) |
|--------------------|-----------------|----------------------|---------------|------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Amit P. Sheth | 105 | 52 | 46351 | 8 | | |
| Mark Stephen Fox | 61 | 24 | 17208 | 11 | | |
| Tharam S. Dillon | 57 | 32 | 16634 | 8 | 2/12 | 3/18 |
| Elizabeth Chang | 52 | 35 | 15023 | 9 | 2/12 | 3/18 |
| Benoit A. Aubert | 30 | 19 | 5302 | 6 | | |
| Farookh Hussain | 31 | 26 | 4852 | 8 | | |
| Cory Andrew Henson | 22 | 18 | 4630 | 6 | | |
| H. Mouratidis | 32 | 22 | 4237 | 7 | 2/1 | |
| Zhi Jin | 31 | 19 | 4005 | 9 | 3/8 | 18/1 |
| K. Thirunarayan | 27 | 20 | 2671 | 10 | | |

Fonte: elaboração própria.

A interrelação dos dados feita a partir de todas as bases e repositórios consultados, demonstra que CC e Engenharia são as áreas de pesquisa que mais tem registro relacionado a ontologia da confiança. Ao se analisar o conteúdo de cada uma das bases em particular, o predomínio da CC, seguindo da Engenharia, pode ser verificado. Dos 38 documentos recolhidos na *Scopus*, na própria base consta a seguinte categorização de áreas: 35 da CC, onze da Engenharia, dez da matemática e nove em outras áreas. Não consta a CI. Nos registros bibliográficos da GS não consta a área de conhecimento das publicações.

⁷ Mais informações sobre o autor podem ser consultadas em <http://knoesis.org/ amit>.

⁸ Informações das colunas H-INDEX (Todos), H-INDEX (Desde 2015) e GS – Citações foram obtidas no GS, endereço https://scholar.google.com.br/schhp?hl=pt-BR&as_sdt=0,5 em 08/07/2020.

Porém, pela filiação dos autores e pelo objeto da pesquisa, restou evidenciada a predominância da CC. Na base *Web of Science (WoS)*, por sua vez, por categorização da própria base, foram recuperados 23 documentos da *Computer Science*, nove da *Engineering*, seis das *Telecommunications* e um da *Geology*. Além disso, dos 17 autores que mais publicam sobre o tema são filiados a instituições com atividade em CC e em Engenharia. Tal realidade contribui para reforçar a importância do tema para a comunidade de pesquisadores nessas áreas de conhecimento. A constatação de ausência de pesquisa na CI, por sua vez, pode ser reforçada ao se verificar a fonte dos documentos. Nesse particular, das revistas consideradas relevantes para a CI, segundo o *Journal Citation Reports (JCR)* e o *SCImago Journal Rank*⁹, há apenas um item do *Information Sciences Journal*. Trata-se da publicação Martinez-Cruz *et al* (2015). Esse artigo, conforme consta na Tabela 3, retromencionada, é o primeiro mais citado *WoS* e *Scopus*. Ele está comentado no item 3.2.1, na abordagem descrita no item 18.

Ainda para opinar sobre a presença de pesquisas sobre ontologia da confiança na CI, foi necessário avaliar o conteúdo das bases especializadas na área e as revistas que são relevantes. Neste trabalho foi utilizado o resultado de buscas nas bases LISTA e LISA. Vale lembrar que os 30 registros identificados na LISA constam na base GS, e ainda que seis e oito documentos também constam na *WoS* e na *Scopus*, respectivamente. Esses são categorizados em CC por essas bases. Também é preciso ressaltar que a busca por "ontologia da confiança" na base LISTA não resultou nenhum registro e que os 30 documentos recuperados nessa base são resultado de busca pelos termos *trust* e *ontology*, em separado e na língua inglesa, e pelo termo ontologia da confiança, em português.

Em relação às revistas relevantes, consideradas as pontuações do JCR e do SCImago de 2018, confrontando dados dos 543 artigos, foram identificadas publicações em seis revistas relevantes para a CI. São elas: *Information Science Journal*, *Information Technology Journal (ITJ)*, *D-Lib Magazine*, *Perspectivas em Ciência da Informação*, *The Electronic Library* e *Information Research*. Sobre essas publicações, é preciso mencionar que há sete artigos de maior relevância, cinco em inglês, dois em português. Em tais artigos predomina a abordagem de modelagem formal de confiança, isto é, com foco principal na qualidade do modelo produzido, sem considerar questões computacionais. Em contraposição, nas publicações da CC prevalece a modelagem computacional recomendável para realizar raciocínio automatizado, ou seja, tem foco em questões computacionais, como decidibilidade e eficiência.

⁹ Medidas da influência científica de periódicos acadêmicos com reconhecimento mundial. O *Journal Citation Reports (JCR)* é adotado pela *WoS* e o *SCImago Journal Rank* é adotado pela *Scopus*.

Sobre a distribuição de produção por países, com a interrelação dos dados foi possível elaborar a Tabela 7 com a lista dos dez países com maior número de publicações sobre ontologia da confiança. Pode ser observado que uma parte significativa das pesquisas, cerca de 41%, estão nos Estados Unidos, na China e no Reino Unido. Na Tabela 7, também é possível observar que há predomínio de pesquisa sobre o tema na América do Norte – Estados Unidos e Canadá. Além dos dados exibidos, merece ser citado que a revisão permitiu identificar dez publicações com a participação de brasileiros ou produzidas no Brasil. Ainda sobre a distribuição geográfica, com a correlação da quantidade de publicações por país nos últimos cinco anos, foi verificado um número crescente de itens na China; e um número estável de itens na Austrália, na Austrália e na Índia. E, de forma complementar, foi realizado um levantamento dos idiomas das publicações. Como resultado, foi evidenciando um forte predomínio de documentos em língua inglesa, 508 no total, representando 93%. Também foram recuperadas publicações em chinês (17), alemão (5), português (4), espanhol (3), francês (2), japonês (2), ucraniano (2), holandês (1) e grego (1).

Tabela 7 – Distribuição de publicações no mundo

| Ordem | País | Quantidade |
|-------|----------------|------------|
| 1 | Estados Unidos | 100 |
| 2 | China | 63 |
| 3 | Reino Unido | 61 |
| 4 | Canadá | 50 |
| 5 | Alemanha | 42 |
| 6 | Austrália | 35 |
| 7 | França | 25 |
| 8 | Índia | 22 |
| 9 | Itália | 22 |
| 10 | Noruega | 19 |

Fonte: elaboração própria.

Quanto às instituições responsáveis pelas publicações sobre ontologia da confiança, quase 60% são assinadas por grandes editoras internacionais. Por exemplo, 130 itens (23,85%) foram divulgados em eventos e revistas do IEEE e outros 102 itens (18,72%) tem origem em eventos ou revistas promovidos pela *Springer*, líder global em publicações eletrônicas de caráter técnico e médico. Dentre outras editoras que trabalham com o tema, estão a *Association for Computing Machinery*, a *CiteSeerX* e a editora anglo-holandesa *Elsevier*, que opera a página *Web ScienceDirect*. Também se destaca a *China National Knowledge Infrastructure (CNKI)*, instituição chinesa de pesquisa e publicação de informações científicas. Por outro lado, dentre as instituições acadêmicas, o maior número de pesquisas está na *University of Toronto* (Canada), na *University of Southampton (United Kingdom)* e na *Norwegian University of Science and Technology (Norway)*. Nesta revisão, as publicações dessas

unidades acadêmicas totalizaram seis, cinco e quatro registros, respectivamente. E, em relação às conferências que incluem o tema presente em suas agendas, dentre as que mais contribuem está a *Confederated International Conferences "On the Move to Meaningful Internet Systems"* (OTM), promovida pela *Springer*, com dois itens em 2006 e apenas um em 2007, 2008, 2010, 2017 e 2019. A realização de eventos IEEE também oferece significativa contribuição. São 36 eventos com temática variada, mas com predominância em agentes inteligentes e tecnologia, gerenciamento e operações de rede.

A interrelação dos dados permitiu também constatar a presença do tema no Brasil. Foram identificadas duas publicações do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT); duas da Biblioteca Eletrônica Científica Online (*Scielo*); uma na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e outra na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Das edições brasileiras, apenas uma trata sobre a modelagem de confiança. É uma dissertação de mestrado defendida na UFRGS, mais especificamente no Programa de Pós-Graduação em Administração. O objetivo do trabalho foi analisar criticamente, implementar e verificar o modelo de ontologias de *Chang, Dillon e Hussain* (2007). Na conclusão, segundo o mestrando, a principal contribuição do trabalho foi a implementação computacional do modelo de confiança baseado em ontologias (BICCA, 2011). Merece ser destacado que a dissertação foi desenvolvida em um departamento vinculado à Administração, reforçando o caráter interdisciplinar do tema. Além disso, foi observada apenas a presença de brasileiros na autoria de publicações em editoras internacionais, a exemplo de IEEE e ACM *Digital Library*.

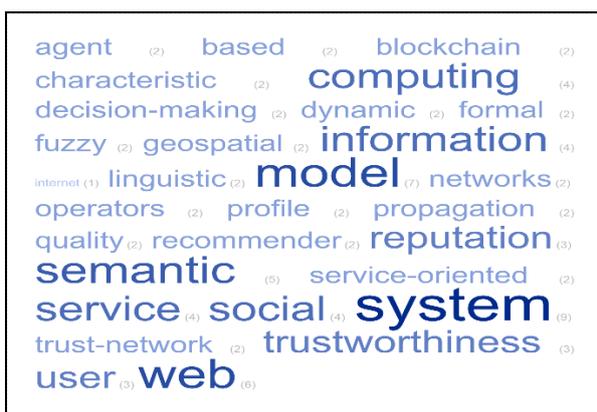


Figura 3(a) - WoS – Mapa de palavras-chave
 Fonte: elaboração própria.

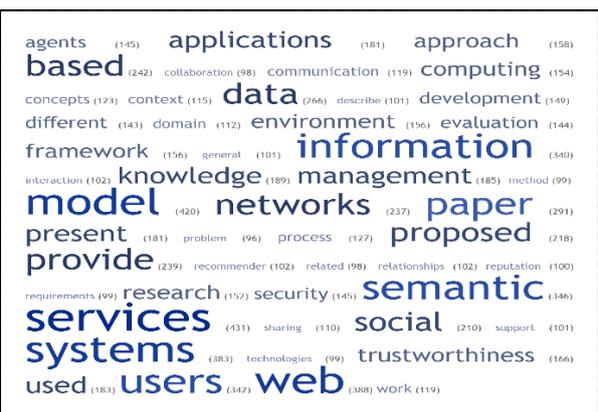


Figura 3(b) - Bases consultadas - Mapa de termos
 Fonte: elaboração própria.

Por fim, com o uso da análise de frequência de palavras-chave, foi possível observar os termos mais valorizados pelos autores, as palavras mais frequentes e a correlação entre eles. Com uso de *Microsoft Excel* e dos recursos do site <https://tagcrowd.com/>, os termos foram coletados e

os mapas foram gerados a partir dos títulos, das palavras-chaves e dos *abstracts*. Para obter variações os mapas também foram gerados com conteúdo de bases específicas – *WoS* e *Scopus* e de todas as bases em conjunto. As análises consideraram apenas palavras em inglês, que contemplam mais de 90% dos itens recolhidos. As Figuras 3(a) e 3(b) exibem os resultados em dois mapas para demonstrar que há semelhanças em os mapas gerados. O mapa da Figura 3 (a) foi gerado a partir das palavras-chaves escolhidas pelos autores dos 26 artigos da base *WoS*. A frequência mínima considerada foi de uma repetição e as palavras *trust* e *ontology* foram excluídas do mapa. Na Figura 3 (b) o mapa foi gerado a partir das palavras constantes em 400 *abstracts* dos documentos selecionados na revisão. A frequência mínima considerada foi de 50 repetições. Para o mapa, as palavras *trust* e *ontology* também foram desconsideradas. O mapeamento possibilitou observar coincidência entre diversos termos com maior número de repetição, dentre eles: *agent(s)*, *information*, *networks*, *semantic*, *services*, *social*, *trustworthiness*, *user(s)*, *Web* etc. Dentre eles, a classe gramatical predominante foi o substantivo, uma característica de textos descritivos. O que é coerente com a presença de descrição de modelos. As palavras com maior frequência, por outro lado, possibilitaram verificar a forte presença de termos interdisciplinares presentes na CC. Isso é marcado por termos correlacionados à *web semântica*, área de pesquisa que aponta para uma nova perspectiva no desenvolvimento de tecnologias, ressaltando a relevância das informações recuperadas, em especial os aspectos semânticos inerentes aos recursos informacionais.

3.2 Detalhamento, integração e validação por evidências

Para identificar relações entre autores, referências, países e, principalmente para localizar as abordagens e as tendências de investigação, nesta revisão foi utilizada a análise de citação e mais dois índices bibliométricos: a cocitação e o acoplamento bibliográfico. Na seção 3.1, os achados por meio da análise de citação foram explorados. A análise de cocitação, por sua vez, foi utilizada por possibilitar a identificação das principais abordagens da pesquisa e, de forma complementar, para confirmar as principais referências e os pesquisadores de maior impacto no estudo sobre ontologia da confiança. Para a formação inicial das redes, foi realizada a leitura dos dados das bases *Web of Science* e *Scopus*. Na sequência os resultados obtidos na análise dessas bases foram comparados com os encontrados em outras bases consultadas.

A primeira análise de cocitação considerou as referências citadas em arquivo com registro geral coletado na *WoS*. De 498 referências citadas, foram reconhecidas quatro conexões em dois *clusters*. O primeiro *cluster*

contém três artigos citados por quatro dos 26 artigos recuperados na WoS. No primeiro, *Abdul-Rahman, Hailes* (2000), os autores justificam a pesquisa pelo pequeno número de modelos de confiança propostos para o meio virtual e pela consideração desses modelos como amplamente impraticáveis e artificiais. Eles propõem um novo modelo formal de confiança que se fundamenta em características da confiança social do mundo real e baseado em um mecanismo de reputação. O segundo artigo, *Gambetta* (2000), apresenta definições de confiança e estabelece condições gerais sob as quais ela se torna relevante para a cooperação. E o terceiro artigo, *Gruber* (1993), contém a proposta do sistema Ontolingua, desenvolvido para apoiar o compartilhamento e a reutilização de conhecimento formalmente representado. O segundo *cluster* possui apenas o artigo *Jøsang, Ismail e Boyd* (2007). O documento é citado em sete dos 26 registros WoS. Os autores fornecem uma visão geral dos sistemas de confiança e reputação existentes e propostos. São apresentadas as tendências de desenvolvimento envolvendo o tema e é proposta uma agenda de pesquisa sobre confiança e reputação. A cocitação também foi explorada com dados dos 38 registros distintos da base *Scopus*. Na cocitação das referências citadas no mínimo duas vezes, foram listados 25 itens, incluindo duas das publicações constantes na análise anterior, o de *Diego Gambetta* e a de *Audun Jøsang*. Quatro são de autoria de *Jingwei Huang* e *Mark Stephen Fox*. Eles tratam sobre a proveniência do conhecimento. Dos outros 19, a quase totalidade descreve modelos de confiança, sem presença de ontologias, propostos nas décadas de 1980 e 1990. Merece destaque a obra *Luhmann* (1979), referência presente nas principais publicações sobre confiança.

A segunda análise de cocitação levou em conta as fontes dos registros da WoS, com doze citações. No caso foram detectadas conexões entre a *Lectures Notes* de Inteligência Artificial, *Lectures Notes* de Computação e Ciência da Informação. Dos registros da *Scopus*, com seis citações, são destacadas quatro fontes: *IEEE Internet Computing*, *Journal de Software*, *Trust: Making and Breaking Cooperative Relations e Information SCI*. E, por fim, na terceira e última análise de cocitação foram correlacionadas as referências dos 26 registros da WoS, considerando o mínimo de sete citações, foram identificadas conexões entre três autores de muita representatividade nas pesquisas sobre modelagem de confiança: *Diego Gambetta* e *Audun Jøsang*, já citados nesta Seção, e *Jennifer Golbeck* mencionada na Seção 3.1. E considerando um mínimo de seis citações, aparecem outros cinco autores. Um deles é *F. Almenarez*, que, em 1994, em parceria com outros autores, propôs o modelo *Pervasive Trust Management* (PTM)¹⁰ (*ALMENÁREZ*, 2004). Os

outros são *Thomas Gruber*, *Christiano Castelfranchi*, autor de um dos livros mais citados sobre ontologia da confiança. D.H. *Mcknight* e *Lotfali Askar-Zadeh*, destacado matemático, pesquisador de modelagem com lógica *fuzzy* (ZADEH, 1986, 2002). Ainda sobre essa análise vale registrar que, dos 38 registros da base Scopus, com no mínimo dez citações, são listados dez autores em dois *clusters*. No primeiro *cluster* aparecem: *Christiano Castelfranchi*, *Rino Falcone*, *Diego Gambetta* *Nicholas Robert Jennings*, *Zhi Jin* e *Audun Jøsang*. No segundo *cluster* estão conectados *Mark Stephen Fox*, *Jennifer Golbeck*, *James Hendler* e *Jingwei Huang*. Restou também explicitar a coautoria de duas duplas: *Jennifer Golbeck* e *James Hendler*, *Mark Stephen Fox* e *Jingwei Huang*.

3.2.1 Principais abordagens

A partir do método utilizado, com aplicação das duas primeiras etapas do TEMAC e da análise bibliométrica de cocitação, foram identificadas cerca de 20 alternativas de abordagens para ontologia da confiança. A seguir, é apresentada, em aproximação de ordem cronológica, uma síntese das propostas identificadas e destacadas na literatura científica consultada.

(1) *Golbeck's Trust Ontology (2003, 2006)*: Os autores consideram a *Web of Trust* um dos objetivos finais da *web semântica*. A ontologia proposta por eles inclui relações de confiança com associação de assinaturas digitais, certificados e autenticação, redes sociais e métricas de confiança. A proposta deles é construída na forma de extensão do vocabulário da ontologia genérica *Friend-of-a-Friend* (FOAF) para a criação de um esquema acrescido ao domínio *foaf: Person*. A linguagem de modelagem é *Resource Description Framework* (RDF) / *Web Ontology Language* (OWL). É definida uma métrica de confiança na forma de propriedades do domínio e expressa como um valor computacional compreendido em um intervalo escalar de 0 a 9, no qual cada escala representa um nível de confiança. A ontologia da confiança descrita em *Golbeck, Parsia e Hendler (2003)* e *Golbeck e Parsia (2006)* foi denominada neste artigo por *Golbeck's Trust Ontology* por haver especiais reconhecimentos ao trabalho de *Jennifer Golbeck* em publicações relacionadas ao tema, a exemplo de *Brondsema e Schamp (2006)* e *Toivonen e Denker (2004)*. Tais pesquisadores citam o amplo esforço da autora no desenvolvimento de redes de confiança em *web semântica*.

(2) *Toivonen & Denker's Message and Context Ontology (2004)*: Um conjunto de ontologias desenvolvido por *Santtu Toivonen* e *Grit Denker* trata de confiança em mensagens trocadas em ambientes sensíveis ao contexto. Eles especificaram regras que descrevem fatores de confiança. Segundo os autores, o conjunto de ontologias pode ser considerado uma extensão da ontologia da confiança de *Golbeck*. Uma das

ontologias é voltada à captura do papel das propriedades e informações relacionadas ao contexto. Essa ontologia captura o domínio da comunicação e da troca de mensagens e descreve como as informações de contexto são realmente anexadas às mensagens (TOIVONEN; DENKER, 2004).

(3) *Viljanen's Trust Ontology (2005)*: Em 2005, *Lea Viljanen* examinou e classificou treze modelos de confiança. A partir desse exame a autora listou e descreveu nove fatores de entrada relacionados em formato descritivo por meio de taxonomia dos modelos de confiança. Os fatores são os seguintes: reconhecimento de identidade, reconhecimento de ação, reconhecimento do valor comercial, sensibilidade à competência, reconhecimento de capacidade, consciência da confiança, reconhecimento de contexto, consciência histórica e sensibilização de terceiros. A taxonomia dos modelos foi usada para criar uma nova ontologia da confiança geral. A autora também analisou a natureza do conceito de confiança e as relações de confiança. Na relação entre credor e administrador relacionou os riscos de ações de confiança. Essa ontologia é orientada a facilitar a interação entre sistemas de negócios. A linguagem de modelagem utilizada é o UML, mas a autora, adicionalmente, propôs e implementou a tradução para OWL (VILJANEN, 2005).

(4) *Secure Tropos (2005)*: *Tropos* é uma metodologia de engenharia de *software* usada para descrever o ambiente organizacional de um sistema e o próprio sistema. A metodologia foi definida em *Giorgini et al.* (2005). O *Secure Tropos*, proposto no documento "*the Socio-Technical Security modeling language*" (STS-ml), é o módulo que acrescenta quatro conceitos e relacionamentos por trás da dependência do *Tropos*: confiança, delegação, provisionamento e propriedade. Com *Tropos* e *Secure Tropos* os autores se propõem modelar e analisar dois níveis diferentes de análise de confiança nas organizações ou sistemas de informação: social e individual (STS, 2019).

(5) *An ontology of trust formal semantics and transitivity (2006)*: Em *Huang e Fox* (2006), os pesquisadores descrevem um estudo sobre a transitividade da confiança, analisam o conceito de confiança e as relações de confiança e formalizam uma semântica de confiança. No documento, os autores constroem um modelo lógico de confiança na forma de ontologia. O modelo fornece especificações formais e explícitas para a semântica da confiança. Dois tipos de confiança, confiança na crença e confiança no desempenho, são identificados. A transitividade da confiança é formalmente demonstrada e as condições para a propagação da confiança são derivadas. Vale ressaltar que esse artigo está referenciado em um significativo número de citações. O artigo foi classificado como o 3^a. mais citado entre os indexados na base *WoS*, o 2^o. mais citado na base *Scopus* e o 11^o. mais citado no *GS*.

(6) Trust-X - Trust Negotiations (2006): Em 2006, Squicciarini e colegas utilizaram a noção de ontologia de referência na formalização de requisitos de confiança e desenvolveram uma abordagem para derivar políticas de divulgação de requisitos de confiança. Elas representaram formalmente alguns relacionamentos semânticos para uso em uma negociação de confiança. Tal representação compõe uma ontologia de referência para desenvolver privacidade com preservação de sistemas de negociação de confiança. O objetivo da ontologia é permitir a troca segura de serviços e recursos entre vários domínios de segurança. Esse trabalho foi desenvolvido no contexto do sistema *Trust-X*, que é uma estrutura abrangente para negociações de confiança, fornecendo uma linguagem para codificação de políticas e certificados (SQUICCIARINI *et al*, 2006).

(7) Konfidi's Trust Ontology (2006): *Konfidi* é o termo da linguagem Esperanto que designa confiança e foi o nome adotado por *Brondsema* e *Schamp* (2006), para designar o sistema *Konfidi*¹¹. O sistema combina o protocolo de segurança *Pretty Good Privacy* (PGP) com o RDF, o FOAF, as ideias de *Golbeck* e de outros pesquisadores. Apresenta uma proposta para construção de rede de confiança com o *PGP Web of Trust* (WOT). A principal funcionalidade do sistema é filtrar *email*. Nesse caso, confiança é modelada e representada como um *continuum* de confiança e desconfiança, não como medidas separadas (BRONDSEMA; SCHAMP, 2006).

(8) Access control for social networks (2006): *Carminati*, *Ferrari* e *Perego* (2006) propõem um modelo de controle de acesso para *Web-based social networks* (WBSNs)¹², onde as políticas são expressas como restrições no tipo, na profundidade e no nível de confiança dos relacionamentos existentes. A profundidade de um relacionamento corresponde ao comprimento do caminho mais curto entre dois nós, essa informação pode ser um parâmetro útil para controlar a propagação de regras de acesso na rede. Por outro lado, o nível de confiança pode especificar quanto um usuário confia em outros usuários. O modelo de controle de acesso proposto representa os relacionamentos entre os usuários por meio de um vocabulário específico de OWL denominado REL-X e as regras de acesso são expressas na Notação 3 Lógica (N3).

(9) Chang's Trust Ontologies (2006, 2007): O livro *Chang*, *Dillon* e *Hussain* (2006) é um dos documentos mais citados nesta revisão e contém os fundamentos das ontologias *Chang's Trust Ontologies*. Ele apresenta um novo sistema de notação gráfica específico para

¹² As WBSNs são comunidades *online* que permitem aos usuários da *Web* publicar recursos, a exemplo de *blogs*, e estabelecer relacionamentos com outros usuários. Várias WBSNs adotaram tecnologias da *Web Semântica*, em particular o FOAF, para representar os dados e os relacionamentos dos usuários, possibilitando o intercâmbio de informações entre várias WBSNs.

representação da ontologia, o que foi justificado pelo entendimento dos autores de não haver, até então, um sistema de notação adequado para essa representação. Segundo eles, as duas opções de linguagem de modelagem disponíveis não atendiam às necessidades identificadas: A UML, inclusive na versão UML2, tinha limitações relacionadas ao domínio. A OWL era de difícil compreensão por especialistas do domínio. Há duas abordagens de ontologias da confiança descritas em artigos assinados por Chang e parceiros. A primeira abordagem foi proposta em Chang, Dillon e Hussain (2007). O artigo propõe uma modelagem computacional organizada em serviços, produtos e agentes. Além disso, descreve processo de validação da ontologia da confiança proposta e descreve uma representação ontológica da reputação em um ambiente orientado a serviços. Em Schmidt et al (2007) é apresentada outra abordagem mais detalhada para a ontologia de agentes. Nesse caso, são construídas ontologias que se concentram na formalização dos conceitos de revisão de QoS: descoberta, seleção e interação de negócios. Um foco especial é colocado nas relações de confiança e reputação que se formam entre as entidades envolvidas. É introduzida uma ontologia da confiança – agente com a tupla: [*trusting agent, trusted agent, context, quality aspects, assessment criteria, time slot, trustworthiness value*]. Na presente revisão, as abordagens com a participação de Elizabeth Chang, profissional vinculada ao IEEE, foram denominadas *Chang's Trust Ontologies*. Isso porque a autora é considerada referência para as pesquisas sobre ontologia da confiança.

(10) PML 2 Trust Ontology (2007): O *Proof Markup Language* (PML) é uma linguagem desenvolvida na Universidade de Stanford com objetivo de construir uma plataforma e uma infraestrutura semântica de conhecimento habilitado para a *Web*. A plataforma foi projetada para auxiliar os usuários da rede no uso de tecnologias semânticas na *Web*. O PML contém um conjunto de termos para codificar as justificativas que orientem os agentes de *software* a filtrar os recursos na *web semântica*, por meio da verificação e da justificativa da credibilidade desses recursos, em nome dos usuários (DOKOOHAKI; MATSKIN, 2008). A *PML 2 Trust ontology* é, por sua vez, uma nova versão da linguagem PML que está descrita em McGuinness et al (2007). A linguagem de modelagem utilizada é RDF/OWL associada a *Knowledge Interchange Format* (KIF)¹³. Nesse artigo a ontologia fornece vocabulários para os tipos de metadados, incluindo a ontologia da relação de confiança (PML-T), e concentra as primitivas usadas para explicar confiança e fontes de confiança. Contém também análise das relações de confiança e da crença entre credor,

administrador e fontes de informação. A confiança é abordada no sentido geral.

(11) *Dokoohaki's Trust Ontology (2007, 2008)*: A abordagem de ontologia é apresentada em Dokoohari e Matskin (2007) com o projeto de uma rede de confiança semântica com base no contexto de instituições sociais e ecossistemas. Na proposta, o conceito de confiança é modelado e representado como um *continuum* de confiança e desconfiança, não como uma medida exclusiva. São analisadas as relações de confiança e propriedades delas. A linguagem de modelagem é a RDF/OWL e a proposta não é baseada em ontologias fundamentais. Em Dokoohari e Matskin (2008) os autores otimizam a ontologia proposta anteriormente para contemplar a captura de semântica em estrutura de redes de confiança na *web semântica*. Nesse artigo, o relacionamento entre usuários tem foco na ontologia. É preciso ressaltar que, na presente revisão, foram identificadas nove publicações de *Dokoohari* relacionadas a ontologia da confiança, sendo uma delas sua dissertação de mestrado, outra a sua tese de doutorado e sete artigos elaborados em colaboração com *Matskin* e outros pesquisadores. Fato que revela a importância de reconhecer a produção desse autor sobre o tema e que motivou dar seu nome a essa abordagem de ontologia da confiança.

(12) *Pervasive Trust Ontology (PTO) (2008)*: Em Taherian, Jalili e Amini (2008) é apresentado um modelo de confiança computacional com estrutura ontológica, considerando relações semânticas, denominada *Pervasive Trust Ontology (PTO)*. O modelo considera relações semânticas entre dispositivos e entre categorias de confiança. Cada entidade pode calcular seu grau de confiança para outras entidades e tomar decisões de segurança com base nos valores calculados de confiança. Um dispositivo em ambiente distribuído pode definir suas regras de segurança de forma independente, usando a linguagem *Semantic Web Rule Language (SWRL)*, linguagem semântica para definir regras nas estruturas de ontologia e pode ser combinada com uma base de conhecimento formada em OWL.

(13) *Socio-Cognitive and computational model of Trust (2010)*: Em *Castelfranchi e Falcone (2010)* propõe um modelo de confiança baseado em ontologia que classificam como integrado, sociocognitivo, analítico, explícito, recursivo, multifatorial e multidimensional de confiabilidade. A obra aborda a relação confiança e risco. Os autores também propõem uma sistematização da "teoria geral da confiança", fenômeno considerado complexo e dinâmico nos níveis cognitivo, afetivo, social. Eles argumentam e justificam o *slogan* "a confiança é a cola da sociedade". Ressaltam que a confiança é crucial para a economia, a cooperação social e as organizações.

(14) e³value Trust Ontology (2012): A *e³value Trust Ontology* propõe adicionar confiança a uma ontologia de colaboração comercial denominada *e³ value*. O módulo adicionado tem objetivo de fornecer uma extensão mínima necessária para permitir a um ator raciocinar sobre a confiabilidade de outros atores. Em *Fatemi, van Sinderen e Wieringa* (2012), os autores sugerem estender a solução para as ontologias *Entity-Relationship Model Accounting Model* (REA) e *Business Model Ontology* (BMO), que não consideram conceitos relacionados à confiança. Os conceitos centrais da ontologia REA são recurso, evento e ator. A BMO visa fornecer uma ontologia que permita descrever o modelo de negócios de uma empresa com precisão e detalhes, considerando uma única empresa e seu ambiente que atenda à demanda de um determinado cliente. A metodologia inclui uma parte gráfica e uma parte computacional. A parte gráfica é composta por um diagrama e a parte computacional consiste em uma planilha com algoritmos que podem realizar estimativas de Valor Presente Líquido (VPL).

(15) Blasch's Trust Ontology (2014): *Erik Blasch* propõe acrescentar confiança à ontologia do *Uncertainty Representation and Reasoning Evaluation Framework* (URREF) do Grupo de Trabalho *Evaluation of Techniques of Uncertainty Reasoning Working Group* (ETURWG) da comunidade de fusão de informações. A ontologia URREF é usada para determinar os elementos de incerteza para diferentes aplicações. *Blasch* apresenta uma discussão sobre as muitas dimensões da incerteza, das quais a confiança é um componente. Ele propõe a segmentação em seis áreas gerais: usuário, hardware, software, network, máquinas e aplicações (BLASCH, 2014).

(16) Trust Ontology: Bayesian approaches emphasis (2014): A publicação *Thirunarayan et al* (2014), uma das mais citadas dos itens colhidos nesta revisão, apresenta uma ontologia formal de confiança com descrição detalhada de métricas de confiança. Os algoritmos de inferência de confiança tratam da composição dos valores de confiança primitivos usados para obter valores de confiança agregados. Para preencher lacunas na automação da inferência de confiança, apresenta uma análise comparativa de várias abordagens bayesianas para a previsão automática de confiança. A relação de confiança é composta por seis tuplas: [confiante, tipo de confiança, valor da confiança, escopo da confiança, processo de confiança, confiado].

(17) COMPOSITE Trust-based Ontology framework (ComTrustO) (2015): O *COMPOSITE Trust-based Ontology framework* (ComTrustO) propõe uma estrutura composta de ontologia da confiança, tomada como um sistema de suporte para tomadores de decisão. Desenvolve o conceito de confiança em quatro tipos de confiança: confiança na comunicação (commTO), confiança na informação (infoTO),

confiança social (socialTO) e confiança cognitiva (cogTO). Associado a cada tipo de confiança, define uma entidade ou objeto a ser avaliado como agente fiduciário e qual aspecto da confiança no agente fiduciário deve ser avaliado. Associa qualidade de serviço (QoS) aos tipos de confiança. O ComTrustO é codificado em *OWL-Descriptive Logic* (OWL-DL) e esquematizado na plataforma baseada em quadros Protégé. Utiliza a ontologia fundamental *Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering* (DOLCE) para representar a confiança como a qualidade de um administrador. O DOLCE faz parte de uma biblioteca de ontologias fundamentais. Apresenta um viés cognitivo com captura de primitivas conceituais subjacentes à linguagem natural, ao raciocínio de senso comum e ao comportamento humano (OLTRAMARI; CHO, 2015).

(18) Users trust in recommender systems using ontologies and fuzzy linguistic modeling (2015): Dentre os 543 documentos trabalhados nesta revisão, a publicação Martinez-Cruz *et al* (2015) está entre as mais citadas. Os autores propõem uma nova ontologia com objetivo de otimizar sistemas de acesso que avaliam e filtram grande quantidade de informações da *Web*. Eles procuram caracterizar a confiança entre usuários e, para isso, usam modelagem linguística em lógica *fuzzy*. Também fornecem um novo método para agregar as informações de confiança capturadas na ontologia da confiança e atualizar os perfis de usuário com base na retroalimentação (na língua inglesa, *feedback*) (MARTINEZ-CRUZ *et al*, 2015).

(19) Reference Ontology for Trust (2019): Uma das mais recentes publicações sobre ontologia da confiança é a de Amaral *et al*. (2019). O trabalho é resultado de pesquisas de um programa de longo prazo que busca o desenvolvimento de fundamentos ontológicos para modelagem social e organizacional. Para sustentar a proposta os autores consideram as noções de risco, valor, preferência econômica, transação econômica, papéis sociais, contratos, objetivo, capacidade, entre outros. Inclui abordagem de risco nas relações de confiança e realizam uma análise ontológica aprofundada da noção de confiança com sua integração à *Unified Foundational Ontology* (UFO). A linguagem de modelagem usada é a OntoUML. Os autores apresentam a Reference Ontology for Trust (na língua portuguesa, Ontologia de Referência para Confiança) com dois tipos de confiança, a confiança social e a confiança baseada na instituição.

(20) User's Trust Profile Ontology (UTPO) (2019): Em Karuna, Purohit e Motti (2019) é apresentada uma taxonomia de fatores relevantes que influenciam a confiança do usuário em relação às fontes *online* de informações de saúde. E descreve um experimento de pesquisa projetado e executado para validar os fatores taxonômicos. Como resultado, os autores propõem a ontologia *User's Trust Profile Ontology*

(UTPO), que usa a taxonomia dos fatores relevantes. A UTPO é definida em OWL.

3.2.2 Tendências de investigação

Uma ligação de acoplamento bibliográfico pode ser aplicada em diferentes unidades de análise: documentos, fontes, autores, organizações ou países. Para este artigo, a aplicação da análise *por acoplamento* utilizou todas essas unidades por meio de dados dos últimos três anos, de 2017 a 2019. Foram extraídos das bases *WoS* e *Scopus*. É uma análise indicada para encontrar novas áreas de pesquisa e segmentos ainda não identificados. Também pode colaborar na identificação das principais frentes de pesquisa sobre o tema (MARIANO; ROCHA, 2017). Na presente pesquisa, essa análise para unidades de documentos e de autor, resultou em seis artigos listados na Quadro 1 e indicou tendências das investigações sobre ontologia da confiança. A coluna "tópicos presentes na pesquisa" do referido quadro reflete essas tendências e permite observar que restou evidente a recente presença de tecnologias emergentes, a exemplo de *blockchain*, Computação em Nuvem, IoT, sensores em redes distribuídas, além de novos métodos e instrumentos, como método para quantificação de confiança, modelagem formal com lógica *fuzzy* e ontologia da confiança para serviços em nuvem. Também há indícios de tendência à integração de modelos e à modelagem em camadas. A análise dos dados bibliográficos dos seis artigos também permite outras observações, a exemplo da localização das publicações – três em países da Ásia, dois na Itália e um nos EUA. Adicionalmente indica a predominância de artigos em periódicos e conferências promovidos pelo IEEE, ou seja, com vinculação na área de Engenharia. Certamente outras análises seriam possíveis, porém o que foi exposto foi considerado suficiente para o objetivo do artigo.

Quadro 1 – Tendências de investigação sobre ontologia da confiança

| Ano | Autores | País | Título | Tópicos presentes na pesquisa |
|------|---|---------------|--|--|
| 2017 | O-Joun Lee, Hoang Long Nguyen, Jai E. Jung, Tai-Won Um, Hyun-Woo Lee | Coréia do Sul | <i>Towards ontological approach on trust-aware ambient services</i> | Ontologia da confiança para representar a semântica de serviços ambientais, medidas de confiança entre os usuários (LEE <i>et al</i> , 2017). |
| 2017 | N Karthik, V.S. Ananthanarayana | Malásia | <i>An ontology-based trust framework for sensor-driven pervasive environment.</i> | Estrutura de confiança baseada em ontologia para um ambiente distribuído, sensores para avaliar a confiabilidade dos nós de rede e dos dados, linguagem OWL, confiança genérica (KARTHIK; ANANTHANARAYANA, 2017). |
| 2018 | N Karthik, V. S. Ananthanarayana | Índia | <i>Trust Based Semantic Architecture for Pervasive Environments</i> | Confiabilidade dos dados compartilhados; interoperabilidade; Modelo de confiança semântica; Compartilhamento; cinco camadas (KARTHIK; ANANTHANARAYANA, 2018). |
| 2019 | Glenda Amaral, Tiago Prince Sales, Giancarlo Guizzardi, Daniele Porello | Itália | <i>Towards a Reference Ontology of Trust</i> | Análise ontológica, Ativo estratégico para as organizações, confiança, gerenciamento da confiança, <i>Unified Foundational Ontology</i> , Ontologia de Referência para Confiança, confiança social, confiança baseada na instituição, riscos nas relações de confiança (AMARAL <i>et al</i> , 2019). |
| 2019 | Milankumar Patel, Siddhartha Bhattacharyya, Ali Alfageeh | EUA | <i>Formal Trust Architecture for Assuring Trusted Interactions in the Internet of Things</i> | Internet das coisas; modelagem formal de confiança; duas camadas; dispositivos de IoT; ontologia da confiança; gerenciamento da confiança (PATEL; BHATTACHARYYA; ALFAGEEH, 2019). |
| 2019 | Claus Pahl, Nabil El Ioini, Sven Helmer, Brian Lee | Itália | <i>A semantic pattern for trusted orchestration in IoT edge clouds</i> | Padrão semântico baseado em ontologia, <i>blockchain</i> , computação em nuvem, IoT, orquestração, padrão semântico (PAHL <i>et al</i> , 2019). |

Fonte: elaboração própria.

4 Análises e resultados

Antes de iniciar a discussão dos resultados obtidos, é preciso reconhecer a importância da metodologia aplicada. Ao desenvolver a pesquisa foi verificada a relevância de ter sido selecionada e adotada uma metodologia de revisão sistemática. E, no caso, as instruções de Mariano e Rocha (2017) facilitaram o uso das bases de dados científicas e a seleção dos parâmetros de pesquisa, além disso orientaram a condução da obtenção e da análise dos dados. Com aplicação das orientações dos autores, foram identificadas as publicações mais citadas, as áreas que trabalham com o tema e que mais publicam, os países com maior número de publicações e as palavras-chave mais frequentes. Adicionalmente, as comparações e as correlações desses achados possibilitaram avançar nas etapas subsequentes para sustentação dos resultados obtidos. Permitiu, portanto, ao final, atender os objetivos da revisão sistemática, ou seja, elaborar uma síntese das principais abordagens já publicadas sobre ontologia da confiança, apresentadas na Seção 3.2.1; e identificar as tendências e oportunidades para novas pesquisas sobre o tema, resumidas por meio de seis artigos listados na Quadro 1, na Seção 3.2.2. Também permitiu encontrar e destacar as cinco questões de maior

relevância em relação ao tema da revisão. Essas questões são exploradas a seguir.

A primeira questão está fundamentada no levantamento do histórico das publicações, vide início da Seção 3.1. Trata-se da possível correlação entre a evolução das pesquisas sobre ontologia da confiança e *web semântica*. Em ontologias de confiança, os anos de 2004 e 2005 são marcos temporais de aceleração de publicações científicas. E, nesse período, também houve explosão do número de pesquisas correlacionando ontologias e *web semântica* (PEREIRA, 2019). Isso possivelmente não é casual. A descrição das abordagens, apresentada na seção 3.2.1, indica que é exatamente em pesquisas relacionadas à *web semântica*, que estão concentrados os esforços de pesquisa em ontologia da confiança. Os mapas de palavras-chave, ilustrados nas figuras 3(a) e 3(b) e comentados no final da Seção 3.1, também demonstram essa correlação.

A segunda questão tem relação com a identificação de padrões nas publicações, também observada nos resultados apresentados na Seção 3.1. Ao analisar os dados obtidos foi revelado que até o início dos anos 2000, os modelos de confiança citados nas referências consultadas não se baseavam em ontologia. Apenas em 2003 surgiu a primeira modelagem de confiança baseada em ontologia. Trata-se da *Golbeck's Trust Ontology*, proposta de Golbeck, Parsia e Hendler, que aponta para a necessidade do uso de ontologias na construção dos modelos de confiança como um importante instrumento para superar a insuficiência das soluções já propostas. Pelo exposto nas abordagens apresentadas na Seção 3.2.1, a inclusão de ontologias está sustentada na necessidade de contemplar abordagens que, sobretudo, ofereçam um maior potencial para colaborar na integração de sistemas e ainda adicionar confiabilidade nas soluções tecnológicas. Isso se justifica porque, conforme exposto na introdução deste artigo, os modelos conceituais podem ser uma ferramenta poderosa na obtenção de entendimento do usuário em relação aos sistemas, na organização e no compartilhamento de informações confiáveis e, ainda, na viabilização do gerenciamento e da interoperabilidade de sistemas de informação e de plataformas integradas.

Na sequência, a terceira questão está relacionada aos resultados obtidos na Seção 3.1 no que diz respeito aos autores de mais destaque no domínio da revisão. Os pesquisadores que mais publicam e os que são mais citados são vinculados à CC, embora suas publicações sejam mais frequentes em revistas e eventos da Engenharia e outras áreas de conhecimento, como exposto na Seção 3.1. Esse fato, associado à constatada ausência de pesquisadores em CI, provoca interrogações sobre a possibilidade de haver possíveis contribuições da CI neste domínio. Uma pergunta é: a ausência de publicações de autores vinculados a CI seria decorrente da falta de correlação do assunto com o referencial teórico da

área? Nessa questão a resposta é possivelmente negativa, pois o estudo de ontologias está umbilicalmente ligado às teorias da representação e da classificação, a área central da CI, o seu “núcleo duro”. Além disso, ao analisar as correntes teóricas que constituíram a CI, também é possível verificar outras correlações (ARAÚJO, 2009). Por fim, como resultado da revisão, ainda sobre essa questão, advoga-se aqui, em consonância com a opinião de Almeida, Oliveira e Coelho (2010), que a formação recebida pelos profissionais de CI pode contribuir para a solução de problemas na modelagem de sistemas de informação e que existem oportunidades de pesquisa no tema, uma vez que as possibilidades foram pouco exploradas para atuação dos profissionais de CI. Essa resposta também pode ser sustentada com o resultado de pesquisas sobre *web semântica* e CI, a exemplo de Machado *et al* (2017); Pereira *et al* (2019).

A quarta questão é resultado da exploração das diferentes abordagens de pesquisa e das novas tendências de investigação, apresentadas na seção 3.2.1 e 3.2.2, respectivamente. Sobre as abordagens identificadas, foi possível verificar que a maioria das 20 ontologias descritas são soluções de modelagem computacional, ou seja, aquelas que utilizam linguagens e representações direcionadas ao ambiente computacional. A implicação disso é que, a construção do modelo prioriza aspectos relacionados à automatização em detrimento da expressividade e da qualidade da ontologia. Tais modelos podem ter restrições para a compreensão humana e podem oferecer dificuldade no alcance de interoperabilidade entre sistemas de informação, por exemplo. Nas tendências de investigação surge o tema confiança social e inclui otimizar o processo de comunicação humana nas soluções oferecidas. Parece haver uma busca para construção de modelos de alcance mais geral fundamentados em princípios filosóficos e com maior potencial para colaborar na integração entre diferentes sistemas. E surgem propostas de soluções que incluem tecnologias e temas emergentes, a exemplo de *blockchain* e gerenciamento de risco, mencionados no Quadro 1. Em tempos de transformações contínuas e aceleradas, emerge a necessidade de buscar novos métodos e instrumentos, de alternativas para integração de modelos e de modelagem em camadas. Daí, sobressai a relevância de se realizar novas investigações e de se criar espaços de interlocuções entre os pesquisadores.

E, por fim, a quinta questão, fruto da análise bibliográfica como um todo, é decorrente da completa ausência de discussões sobre a Teoria do Conceito (TC). Em nenhuma das principais publicações sobre ontologia da confiança as relações entre os conceitos são consideradas do ponto de vista das estruturas classificatórias, sob a ótica de facetas com base em categorias de conceitos (DAHLBERG, 1978). Além disso, em que pese as propostas de modelagens formais, não foram identificadas abordagens

que considerassem as relações entre os conceitos pela posse comum de certas características, a exemplo de relação de oposição e relação funcional (DAHLBERG, 1972). Esse resultado indica que há um vácuo teórico que merece ser explorado. Essa conclusão está alinhada com o resultado do trabalho de Gomes e Bragato Barros (2020) em pesquisa realizada para demonstrar a relação existente entre as ontologias e a TC proposta por Dahlberg. Os autores expuseram os benefícios do uso do ferramental teórico dessa teoria para construção de ontologias e concluíram ser possível verificar que há uma clara relação entre os elementos de uma ontologia e os aspectos da formação dos conceitos conforme a TC. Eles concluíram que a análise dos conceitos de um domínio por meio da TC pode proporcionar o desenvolvimento de ontologias de forma mais eficiente, uma vez que permite uma compreensão maior do domínio a ser descrito.

5 Conclusões

Neste artigo foram descritos as análises e os resultados de uma revisão sistemática de literatura sobre ontologia da confiança. Os resultados demonstraram que, a partir do início do século XXI, surgiram diversas iniciativas para a construção dessas ontologias e que as pesquisas realizadas sobre o tema, de um modo geral, não adotaram modelos voltados ao compartilhamento dos critérios e parâmetros de confiança, conforme pode ser observado nas seções 3.2.1 e 3.2.2. Mais que isso, a principal conclusão do trabalho foi a existência de espaço para pesquisas sobre o tema. Isso porque, na maioria das referências encontradas, foi sinalizada a necessidade de construção de modelos de alcance mais geral e que considerem o processo de comunicação humana. Esses achados estão em consonância com outras publicações, a exemplo de Castelfranchi e Falcone (2010). Segundo esses autores, apesar da alta relevância de pesquisas sobre confiança, há uma notória falta de entendimento claro sobre a natureza ontológica desse conceito e de termos correlacionados. Essa falta também foi apontada por Amaral *et al.* (2019), ao afirmar que, embora tenha sido feito muito progresso para esclarecer a natureza ontológica da confiança, o termo, em seu sentido genérico, permanece sobrecarregado. Os autores afirmam também que ainda não existe uma definição compartilhada ou predominante e conceitualmente elucidativa para ele.

Apesar do tema ser interdisciplinar, a revisão expôs predominância de localização das pesquisas na CC e em Engenharia, com mais de 90% da produção científica realizada por profissionais vinculados a essas áreas de conhecimento. Os resultados também mostraram potencial para pesquisas sobre ontologias de confiança com material científico já produzido pela CI, que é por natureza interdisciplinar e abarca diferentes

correntes teóricas. Tal resultado, portanto, reforça a necessidade de construção de modelos conceituais relacionados à confiança a partir da organização e representação da informação e do conhecimento. Em especial é preciso registrar haver carência de abordagens com uso de noções da TC. Vale ressaltar que não foi identificada nenhuma tentativa de aproveitamento desses conhecimentos nas publicações localizadas.

Para finalizar, importa reconhecer que os dados obtidos na revisão possibilitam a exploração de muitas outras questões e abre caminho para futuras pesquisas. Uma delas é estudar a relação entre *web semântica* e ontologias da confiança; a forma como a *web semântica* está sendo vista nas abordagens identificadas, como as ontologias de confiança estão inseridas no ambiente tecnológico para torná-lo mais confiável. Enfim, valeria a pena verificar e esclarecer melhor a relação entre confiança, *web semântica* e demais tecnologias. Por fim, advoga-se ser possível enriquecer e facilitar o entendimento e a comunicação sobre confiança com contribuições abrangentes e multidisciplinares.

Referências

- ALMENÁREZ, Florina *et al.* PTM: A pervasive trust management model for dynamic open environments. *In: First Workshop on Pervasive Security, Privacy and Trust PSPT*. 2004.
- ALMEIDA, Maurício B; OLIVEIRA, Viviane N. P; COELHO, Katia Cardoso. Estudo exploratório sobre ontologias aplicadas a modelos de sistemas de informação: perspectivas de pesquisa em ciência da informação. *R. Eletr. Bibliotecon. Ci. Inf.*, ISSN 1518-2924, Florianópolis, v. 15, n. 30, p.32-56, 2010.
- AMARAL, Glenda *et al.* Towards a reference ontology of trust. *In: OTM Confederated International Conferences" On the Move to Meaningful Internet Systems"*. Springer, Cham, p. 3-21, 2019.
- AUBERT, Benoit A.; PATRY, Michel; RIVARD, Suzanne. A framework for information technology outsourcing risk management. *ACM SIGMIS Database: the DATABASE for Advances in Information Systems*, v. 36, n. 4, p. 9-28, 2005.
- AUBERT, Benoit A.; SCHROEDER, Andreas; GRIMAUDDO, Jonathan. IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Decision support systems*, v. 54, n. 1, p. 510-520, 2012.
- BANDYOPADHYAY, Soma *et al.* Role of middleware for internet of things: A study. *International Journal of Computer Science and Engineering Survey*, v. 2, n. 3, p. 94-105, 2011.
- BICCA, Edson Rodrigues. *Implementação computacional e verificação de ontologias para a modelagem da confiança em transações na Web*. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Federal do Rio

Grande do Sul, Porto Alegre, UFRGS, 2011.

BLASCH, Erik. Trust metrics in information fusion. *In: Machine Intelligence and Bio-inspired Computation: Theory and Applications*, 8. International Society for Optics and Photonics, p. 91190L, 2014.

BREWSTER, Christopher; O'HARA, Kieron. Knowledge representation with ontologies: the present and future. *IEEE Intelligent Systems*, v. 19, n. 1, p. 72-81, 2004.

BRONDSEMA, David; SCHAMP, Andrew. Konfidi: Trust Networks Using PGP and RDF. *MTW*, v. 190, 2006.

CARDOSO, Andre. Christine Lagarde do FMI adverte bancos: as criptomoedas trarão "disrupturas maciças". *Webitcoin*, 13 out.2017. Disponível em <https://webitcoin.com.br/christine-lagarde-do-fmi-adverte-bancos-as-criptomoedas-trarao-disrupturas-macicas-out-13/>. Acesso em: 29 fev. 2020.

ARAÚJO, Carlos Alberto Ávila. Correntes teóricas da ciência da informação. *Ciência da Informação*, Brasília, DF, v. 38, n. 3, p.192-204, set./dez. 2009. Disponível em <https://www.scielo.br/pdf/ci/v38n3/v38n3a13.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2020.

CARMINATI, Barbara; FERRARI, Elena; PEREGO, Andrea. Rule-based access control for social networks. *In: OTM Confederated International Conferences "On the Move to Meaningful Internet Systems"*. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 1734-1744, 2006.

CASTELFRANCHI, Christiano; FALCONE, Rino. *Trust theory: A socio-cognitive and computational model*. John Wiley & Sons, 2010.

CHANG, Elizabeth; HUSSAIN, Farookh; DILLON, Tharam. *Trust and reputation for service-oriented environments: technologies for building business intelligence and consumer confidence*. John Wiley & Sons, 2006.

CHANG, Elizabeth; DILLON, Tharam S.; HUSSAIN, Farookh. Trust ontologies for e-service environments. *International Journal of Intelligent Systems*, v. 22, n. 5, p. 519-545, 2007.

COETZEE, Marijke; ELOFF, Jan HP. Autonomous trust for web services. *Internet research*, 2005.

DAHLBERG, I. Teoria da classificação, ontem e hoje. *Anais da Conferência Brasileira de Classificação Bibliográfica*. Brasília: IBICT, 1972. Disponível em: www.conexaorio.com/bit/dahlbergteoria/dahlberg_teoriam.htm. Acesso em: 01 nov. 2019.

DAHLBERG, I. Teoria do Conceito. *Ciência da Informação*, 1978, v. 7, n. 2, p. 101-107. Disponível em: <http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/115/115>. Acesso em: 01 nov. 2019.

DAHLBERG, I. Knowledge organization: its scope and possibilities.

Knowledge Organization, 20(4), 211-222, 1993.

DOKOOHAKI, Nima; MATSKIN, Mihhail. Structural determination of ontology-driven trust networks in semantic social institutions and ecosystems. *In: International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies (UBICOMM'07)*. IEEE, p. 263-268, 2007.

DOKOOHAKI, Nima; MATSKIN, Mihhail. Effective design of trust ontologies for improvement in the structure of socio-semantic trust networks. *International Journal on Advances in Intelligent Systems*, v. 1, n. 1942-2679, p. 23-42, 2008.

ECHEVERRÍA, Rafael. *Empresa emergente: a confiança e os desafios da transformação*. Caracas: Newfield Consulting, 1999.

FATEMI, Hassan; VAN SINDEREN, Marten; WIERINGA, Roel. A trust ontology for business collaborations. *actice of*, p. 49, 2012.

FRAGOMENI, Marcos Padron. *Uma proposta de modelo conceitual para a representação da música popular brasileira*. Dissertação (Mestrado, em Ciência da Informação). Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

GALIZIA, Stefania; GUGLIOTTA, Alessio; DOMINGUE, John. A trust based methodology for web service selection. *In: International conference on semantic computing (ICSC 2007)*. IEEE, p.193-200, 2007.

GAMBETTA, Diego *et al.* Can we trust trust. *Trust: Making and breaking cooperative relations*, v. 13, p. 213-237, 2000.

GIORGINI, Paolo *et al.* Modeling social and individual trust in requirements engineering methodologies. *In: International Conference on Trust Management*. Springer, Berlin, Heidelberg, 161-176, 2005.

GOMES, D.L, BRAGATO BARROS, T.H. As ontologias sob a perspectiva da teoria do conceito. *Actas del IV Congreso ISKO España y Portugal 2019*, p. 503-517, 2020. Disponível em <https://doi.org/10.5281/zenodo.3738625>. Acesso em: 30 jul. 2020.

GUIZZARDI, Giancarlo. On Ontology, ontologies, Conceptualizations, Modeling Languages, and (Meta) Models. *In: Proceedings of the 2007 conference on Databases and Information Systems IV: Selected Papers from the Seventh International Baltic Conference DB& IS'2006*. IOS Press, NLD, 18-39, 2007.

GOLBECK, Jennifer; PARSIA, Bijan; HENDLER, James. Trust networks on the semantic web. *In: International workshop on cooperative information agents*. Springer, Berlin, Heidelberg, 238-249, 2003.

GOLBECK, Jennifer; PARSIA, Bijan. Trust network-based filtering of aggregated claims. *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies*, v. 1, n. 1, p. 58-65, 2006.

GÓRSKI, Janusz. Trust Case—a case for trustworthiness of IT

infrastructures. *In: Cyberspace Security and Defense: Research Issues*. Springer, Dordrecht, p.125-141, 2005.

GRÁCIO, Maria Cláudia Cabrini; OLIVEIRA, Ely Francina Tannuri de. Análise de cocitação de autores: um estudo teórico-metodológico dos indicadores de proximidade, aplicados ao GT7 da ANCIB. *LIINC em Revista*, p. 196-213, 2013.

GRUBER, Thomas R. A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition*, v. 5, n. 2, p. 199-220, 1993.

HUANG, Jingwei; FOX, Mark S. An ontology of trust: formal semantics and transitivity. *In: Proceedings of the 8th international conference on Electronic commerce: The new e-commerce: innovations for conquering current barriers, obstacles and limitations to conducting successful business on the internet*, p. 259-270, 2006.

JØSANG, Audun; ISMAIL, Roslan; BOYD, Colin. A survey of trust and reputation systems for online service provision. *Decision support systems*, v. 43, n. 2, p.618-644, 2007.

KARTHIK, N.; ANANTHANARAYANA, V. S. An ontology based trust framework for sensor-driven pervasive environment. *In: 2017 Asia Modelling Symposium (AMS)*. IEEE, p. 147-152, 2017.

KARTHIK, N.; ANANTHANARAYANA, V. S. Trust Based Semantic Architecture for Pervasive Environments. *In: Proceedings of 3rd International Conference on Internet of Things and Connected Technologies (ICIOTCT)*, 2018 held at Malaviya National Institute of Technology, Jaipur (India), 26-27 mar. 2018.

KARUNA, Prakruthi; PUROHIT, Hemant; MOTTI, Vivian. UTPO: User's Trust Profile Ontology-Modeling trust towards Online Health Information Sources. *arXiv preprint arXiv:1901.01276*, 2019.

LEE, O-Joun *et al.* Towards ontological approach on trust-aware ambient services. *IEEE Access*, v. 5, p. 1589-1599, 2017.

LIMA-MARQUES, Mamede. *Ontologias: da filosofia à representação do conhecimento*. Brasília: Thesaurus, 2006.

LUHMANN, Niklas. *Trust and power*. Polity Press, 1979.

MACHADO, Luís Miguel *et al.* Ciência da Informação e web semântica: Uma relação efetiva ou apócrifa? *III Congresso ISKO Espanha-Portugal / XIII Congresso ISKO Espanha*. Coimbra, 2017.

MARIANO, Ari Melo; ROCHA, Maíra Santos. Revisão da literatura: apresentação de uma abordagem integradora. *In: AEDEM International Conference – Economy, Business and Uncertainty: Ideas for a European and Mediterranean industrial policy*. Reggio Calabria Italia, 2017.

Disponível em:

https://aprender.ead.unb.br/pluginfile.php/585844/mod_resource/content

/1/TEMAC.pdf. Acesso em: 28 fev. 2020.

MARTINEZ-CRUZ *et al.* A model to represent users trust in recommender systems using ontologies and fuzzy linguistic modeling, *Information Sciences*, v. 311, p. 102-118, 2015.

MCGUINNESS, Deborah L. *et al.* PML 2: A Modular Explanation Interlingua. *ExaCt.*, p.49-55, 2007.

MYLOPOULOS, J. Conceptual modeling and telos. In: LOUCOPOULOS, P.; ZICARI, R. (Ed.). *Conceptual modeling, databases, and case: An integrated view of information systems development*. New York: John Wiley & Sons, 1992. p. 49–68.

OLIVEIRA, Viviane Nogueira Pinto de; ALMEIDA, Mauricio Barcellos. Um roteiro para avaliação ontológica de modelos de sistemas de informação. *Perspect. ciênc. inf.*, Belo Horizonte , v. 16, n. 1, p. 165-184, Mar. 2011. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-99362011000100010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 20 Jan. 2021.

PAHL, Claus *et al.* A semantic pattern for trusted orchestration in IoT edge clouds. *Internet Technology Letters*, v. 2, n. 3, p. e95, 2019.

PATEL, Milankumar; BHATTACHARYYA, Siddhartha; ALFAGEEH, Ali. Formal Trust Architecture for Assuring Trusted Interactions in the Internet of Things. In: *2019 IEEE 10th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)*. IEEE, p.0033-0039, 2019.

PEREIRA, Clayton Martins; *et al.* Papéis do profissional da informação na evolução da web semântica. *XX Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação – ENANCIB 2019*. Florianópolis, 21 a 25 out. 2019.

PHILIPPOPOULOS-MIHALOPOULOS, Andreas. *Spatial justice: Body, lawscape, atmosphere*. Routledge, 2015.

SCHMIDT, Stefan *et al.* Trust and reputation ontologies for electronic business. In: *International Conference on Enterprise Information Systems. ICEIS Publications*, 2007.

SQUICCIARINI, Anna Cinzia *et al.* Achieving privacy in trust negotiations with an ontology-based approach. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, v. 3, n. 1, p. 13-30, 2006.

STS. *Security Requirements Modeling Tool - Socio-Technical Security Modeling Language*. Trento: University of Trento - STS, 2019. Disponível em: https://www.sts-tool.eu/assets/documents/manuals/Manual_ModelingLanguage_v.2.1.0.pdf. Acesso em: 30 mar. 2020.

TAHERIAN, Mohsen; JALILI, Rasool; AMINI, Morteza. Pto: A trust ontology for pervasive environments. In: *22nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications-Workshops (AINA*

workshops 2008). IEEE, p. 301-306, 2008.

THIRUNARAYAN, Krishnaprasad *et al.* Comparative trust management with applications: Bayesian approaches emphasis. *Future Generation Computer Systems*, v. 31, p. 182-199, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.05.006>. Acesso em: 15 mar. 2020.

TOIVONEN, Santtu; DENKER, Grit. The impact of context on the trustworthiness of communication: An ontological approach. *In: Proceedings of the 2004 International Conference on Trust, Security, and Reputation on the Semantic Web-Volume 127*. CEUR-WS. org, p. 22-3, 2004.

TRAN, Vuong Xuan; TSUJI, Hidekazu; MASUDA, Ryosuke. A new QoS ontology and its QoS-based ranking algorithm for Web services. *Simulation Modelling Practice and Theory*, v. 17, n. 8, p. 1378-1398, 2009.

VILJANEN, Lea. Towards an ontology of trust. *In: International Conference on Trust, Privacy and Security in Digital Business*. Springer, Berlin, Heidelberg, p.175-184, 2005.

ZADEH, Lotfali Askar. Fuzzy sets. *Information and Control* 8, 338-353
Zadeh, L.A.: From Computing with Numbers to Computing with Words-
from Manipulation of Measurements to Manipulation of Perceptions.
(1965) *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*
12, 307-324, 2002.

ZADEH. L., Lotfali Askar. Is Probability Theory Sufficient for Dealing with Uncertainty in AI: A Negative View. *In: KANAL, L.N.; LEMMER, J. F (Eds.). Uncertainty in Artificial Intelligence*. Elsevier Science B. V. (North-Holland), 1986.