

REVISÃO SISTEMÁTICA DO USO DE ONTOLOGIAS EM SISTEMAS AEROESPACIAIS

SYSTEMATIC REVIEW OF THE USE OF ONTOLOGIES IN AEROSPACE SYSTEMS

REVISIÓN SISTEMÁTICA DEL USO DE ONTOLOGÍAS EN SISTEMAS
AEROESPACIALES

Ana Paula Adriano da Silva¹ (anna.paula.5@hotmail.com)
Glauco da Silva^{1,2} (glauco.silva@fatec.sp.gov.br)

¹Faculdade de Tecnologia de Guaratinguetá
²Instituto de Aeronáutica e Espaço

Resumo

Ontologias são utilizadas para representar um domínio de conhecimento, identificando seus componentes e não gerando dúvidas quanto ao que cada item representa dentro do domínio. O uso de ontologias do domínio aeroespacial pode fazer com que o compartilhamento de informações entre as diversas agências espaciais e centros de pesquisa seja facilitada, uma vez que não haverá ambiguidade nos termos utilizados nos projetos. O trabalho de pesquisa visa realizar o levantamento das ontologias existentes para o domínio aeroespacial, identificando quem definiu os termos, quem está utilizando, em que áreas estão sendo empregadas e possíveis oportunidades de melhorias nas ontologias.

Palavras-chave: Ontologias, Revisão Sistemática, Sistemas Aeroespaciais.

Abstract

Ontologies are used to represent a domain of knowledge, identifying its components and not generating doubts as to what each item represents within the domain. The use of ontologies from the aerospace domain can make the sharing of information between the different space agencies and research centers easier, since there will be no ambiguity in the terms used in the projects. The research work aims to carry out a survey of existing ontologies for the aerospace domain, identifying who defined the terms, who is using them, in which areas they are being used and possible opportunities for improvement in the ontologies.

Keywords: Ontologies, Systematic Review, Aerospace Systems.

Resumen

Las ontologías se utilizan para representar un dominio de conocimiento, identificando sus componentes y no generando dudas sobre lo que representa cada ítem dentro del dominio. El uso de ontologías del dominio aeroespacial puede facilitar el intercambio de información entre las diferentes agencias espaciales y centros de investigación, ya que no habrá ambigüedad en los términos utilizados en los proyectos. El trabajo de investigación tiene como objetivo realizar un levantamiento de ontologías existentes para el dominio aeroespacial, identificando quién definió los términos, quién los está utilizando, en qué áreas se están utilizando y posibles oportunidades de mejora en las ontologías.

Palabras clave: Ontologías, Revisión Sistemática, Sistemas Aeroespaciales.

Introdução

Considerando o contexto atual, o compartilhamento de informações é um fator crucial para o conhecimento de qualquer organização. Por conta disso, o uso de serviços de armazenagem como a internet ou até mesmo a intranet corporativa necessitam de ferramentas adequadas para acessar com maior precisão o conteúdo solicitado, além de agrupar, armazenar e descrevê-lo.

Tais métodos automáticos baseiam-se na frequência de ocorrência de palavras, sem considerar as questões classificativas e semântica dos recursos. No decorrer dos anos esses mecanismos foram atualizados, mas, mesmo com toda essa evolução, ainda existem barreiras que dificultam a fluidez do conhecimento corporativo.

Por conta desses fatores, o conceito de ontologia passou a ter destaque na ciência da informação, pois é um estudo que engloba a categorização e classificação de informações.

Portanto a padronização das terminologias inclusas em um vocabulário completo é indispensável para a interpretação desses dados através de máquinas. Na área aeroespacial, o cenário não é diferente, visto que é necessário definir um vocabulário comum para representar dispositivos, equipamentos, veículos espaciais, missões e outros, contribuindo assim na disseminação de informações assertivas sobre o tema.

1 Materiais e Métodos

O presente documento trata-se de uma revisão sistemática referente às ontologias presentes no setor aeroespacial, cujo objetivo é apresentar e analisar o material disponível sobre o assunto, relatando em que os autores concordam e sobre o que divergem. A partir dessa premissa busca-se apresentar de forma coerente o conhecimento que cerca a semântica em sistemas computacionais presentes no setor aeroespacial. Este documento foi desenvolvido baseado na metodologia de revisão sistemática descrita no artigo “*Procedures for Performing Systematic Reviews*” elaborado por Barbara Kitchenham (KITCHENHAM, 2004).

1.1 Questão de Pesquisa

Para o desenvolvimento de uma revisão sistemática é necessário levantar questões que se pretende analisar durante a revisão. Nesta revisão busca-se responder as seguintes questões: Qual o papel das Ontologias em sistemas Aeroespaciais? O que os autores publicaram referente a essa linha de pesquisa?

1.2 Critérios da Pesquisa

Para definir os critérios de pesquisa foi adotada a estratégia de separar a pesquisa preliminar em 3 categorias:

- Conceito de Ontologia;
- Ontologias em sistemas de informação; e
- Ontologias em sistemas Aeroespaciais.

A Tabela 1 apresenta as categorias utilizadas nos critérios de pesquisa, bem como as principais palavras-chave elencadas para a realização da busca pelas categorias.

Tabela 1 - Critérios de pesquisa

Categoria	Palavra-chave
Conceito de ontologia	<i>Ontology</i> Ontologias Definição de ontologia Tipos de ontologia
Ontologias em sistemas de informação	Web semântica <i>Semantic web</i> Gestão do conhecimento Ontologia em sistemas de informação <i>Ontology Web Language (OWL)</i>
Ontologias em sistemas aeroespaciais	Ontologias no setor aeroespacial <i>Aerospace ontology</i>

Fonte: Autoria própria

1.3 Bases de Dados

Para a pesquisa primária foram utilizadas as seguintes bases de dados científicas:

IBICT (Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia)¹

SciELO (*Scientific Electronic Library Online*)²

ResearchGate³

IEEE Xplore Digital Library⁴

1.4 Critérios de Seleção

Após a definição das bases de dados, foram utilizados alguns critérios para a utilização do material de estudo, sendo eles:

- 1) O material de estudo ser voltado para o uso de ontologias em sistemas de informação;
- 2) Fonte científica de dados;
- 3) Estar disponível em português ou inglês;
- 4) Conteúdo disponível em versão completa.

2 Desenvolvimento

Para condução deste trabalho, o processo de produção do documento foi dividido em 4 etapas:

- 1) Busca em bancos de dados científicos;
- 2) Seleção do material para estudo;

¹ <https://www.gov.br/ibict/pt-br>

² <https://www.scielo.br/>

³ <https://www.researchgate.net/>

⁴ <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

- 3) Análise dos artigos selecionados;
- 4) Extração de dados para fomentação do estudo.

Estas etapas mostram as etapas adotadas na revisão sistemática, que se inicia com a busca de plataformas especializadas em conteúdos científicos. A segunda etapa consiste em selecionar artigos científicos que contemplem o conceito de Ontologia. Em seguida, na terceira etapa é feita uma triagem dos artigos que vão ser utilizados no estudo. E por fim, a quarta etapa se concretiza na extração de dados para a construção do estudo e conseqüentemente a resolução da questão de pesquisa.

2.1 Ontologia

O termo ontologia é utilizado em várias vertentes e é representado de forma diferente em cada uma delas, logo, esse conceito pode representar diversos tipos de artefatos.

Como apontam Guarino, Oberle e Staab (2009)

...ontologia se refere a um artefato constituído por um vocabulário usado para descrever uma certa realidade, mais um conjunto de fatos explícitos e aceitos que dizem respeito ao sentido pretendido para as palavras do vocabulário. Este conjunto de fatos tem a forma da teoria da lógica de primeira ordem, onde as palavras do vocabulário aparecem como predicados unários ou binários. (GUARINO, OBERLE e STAAB, 2009)

Efetivamente pode-se afirmar que existem tipos diferentes de ontologias, e o conhecimento de cada uma delas contribui para uma visão ampla da polivalência do termo em questão.

Segundo Smith (2003) a ontologia “é o campo da filosofia cujo objetivo é descrever os tipos e estruturas de entidades, eventos, processos e relações que existem no mundo real”

Para Maedche e Volz (2001) ontologia é um ramo da filosofia que lida com a natureza e a organização do ser. Esse termo foi introduzido por Aristóteles em *Metafísica*, IV, 1. No contexto da pesquisa em “ontologia”, filósofos tentam responder as questões “O que é um ser?” e “Quais são as características comuns de todos os seres?”

Chauí (2000) afirma que a ontologia se refere ao “Estudo filosófico dos entes, à investigação dos conceitos que nos permitam conhecer e determinar pelo pensamento em que consistem as modalidades ônticas, quais os métodos adequados para o estudo de cada uma delas, quais as categorias que se aplicam a cada uma delas”.

Assim, a natureza ontológica diante a frente filosófica compete aos entes utilizados como fonte de conhecimento e das propriedades existentes neles.

A diversidade que o termo ontologia pode ostentar, trazendo diferentes possibilidades de utilização, que variam desde a disciplina filosófica até vocabulário lógico e sistema conceitual.

Conforme Fensel *et al.* (2001) “Uma ontologia é uma especificação formal explícita de uma conceitualização compartilhada”.

Gómez-Pérez (1999) complementa dizendo que: “Uma ontologia é um conjunto de termos ordenados hierarquicamente para descrever um domínio que pode ser usado como um esqueleto para uma base de conhecimentos.”

Fora da filosofia, a ontologia é utilizada como um meio descritivo de algo existente, geralmente tratando-se de um domínio específico. Esse domínio possui categorias que agrupam objetos semelhantes, comumente relacionados às questões termológicas.

Tratando-se de linguagens, pode-se alocar esse conhecimento léxico a uma junção básica de linguagem e lógica, abrindo assim precedentes para a aplicação de ontologia em outras áreas de domínio.

Qualquer área de domínio organiza suas informações em bibliotecas ontológicas que possuem expressões linguísticas relacionadas a natureza que está inserida, e o papel da arquitetura ontológica é fornecer uma base de dados sólida, para que haja entendimento de conceitos amplos, do senso comum, evitando assim problemas relacionados a pluralidade e a complexidade termológicas que acercam a manipulação de normas no próprio meio.

Visando a sistematização das apresentações desse conceito, os autores apresentam uma diferenciação essencial: Ontologia (com "o" maiúsculo), como a disciplina filosófica; e ontologias (com "o" minúsculo, plural) como objetos relacionados aos níveis semânticos ou sintáticos – desde sistemas até vocabulários. (FIGUEIREDO e ALMEIDA, 2017).

Guarino, Oberle e Staab (2009) citam que

A ontologia se refere a um artefato constituído por um vocabulário usado para descrever uma certa realidade, mais um conjunto de fatos explícitos e aceitos que dizem respeito ao sentido pretendido para as palavras do vocabulário. Este conjunto de fatos tem a forma da teoria da lógica de primeira ordem, onde as palavras do vocabulário aparecem como predicados unários ou binários. (GUARINO, OBERLE e STAAB, 2009)

Já no contexto de informação e conhecimento, pode-se mencionar a ontologia como um agente facilitador, que representa os objetos em conjunto de termos, qualificando-os de forma descritiva a fim de auxiliar sua busca. Na ciência da informação, tais mecanismos empenham-se para padronizar e formalizar o conhecimento, de modo sistematizado, possibilitando que haja um controle geral sob as informações de um determinado domínio.

2.2 Ontologias em Sistemas de Informação

Conforme o tema da presente pesquisa, a área ontológica que mais se adequa a realidade de sistemas aeroespaciais, é a ontologia da ciência da informação, mais especificamente nas categorias da tecnologia da informação e engenharia de software, áreas responsáveis pelo desenvolvimento de sistemas informacionais.

Para melhor analisar o impacto da ontologia em sistemas de informação é necessário fragmentar o estudo.

O termo ontologia foi atribuído à ciência da informação por volta de 1960, conforme houve a necessidade de uma estrutura que representasse as informações em um vocabulário lógico. Desse modo, abriram-se fundamentos para o aprofundamento de tal conteúdo, possibilitando que novos estudos fossem iniciados, um exemplo deles é a “web semântica” que foi mencionado em meados de 1990.

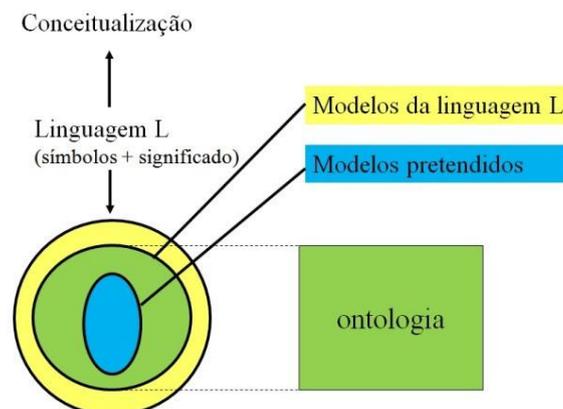
Apesar de toda influência que o estudo de ontologias na ciência da informação possui atualmente, pesquisas referentes a sistemas ainda são quantitativamente moderadas, comparado com o material presente em outras áreas. A modernização contínua dos sistemas existentes e a expansão dos mecanismos tecnológicos contribuíram para o crescimento do tema, que por sua vez, representa um tópico de suma importância para o desenvolvimento dessa ciência.

Levando em consideração a incumbência da representação do conhecimento em sistemas de informação, o conjunto de dados e a descrição deles é conduzida por regras. Essas regras funcionam como agentes classificatórios para construir uma base de conhecimento sólida e formal para a compreensão lógica de um grupo de especialistas.

Vale ressaltar que a realidade computacional é representada por um vocabulário lógico através da ontologia, que por sua vez apresenta um sistema descritivo de forma explícita, evitando incompatibilidades entre o modelo de linguagem e o modelo pretendido.

A Figura 1 demonstra o compromisso ontológico que intermedia o modelo de linguagem e o modelo pretendido.

Figura 1 – Linguagem de representação e ontologia



Fonte: Almeida (2014)

Ainda enfatizando o quesito linguagem, a ontologia além de englobar a estrutura vocabular de um sistema, funciona como um instrumento de cognição, ou seja, busca absorver todo conhecimento referente aquelas entidades.

Almeida (2014) cita um exemplo prático de como funciona a atividade de um sistema ontológico em um documento: “Por exemplo, as sentenças: “Marte tem duas luas”, “*Two moons circle Mars*” e “*Mars a deux lunes*” carregam a mesma proposição, ou seja, o fato de que Marte possui duas luas.”

Seguindo essa linha de raciocínio, a informação contida em um documento não é identificada com o texto presente nele, mas sim no seu conteúdo proposicional, pois as sentenças são diferentes em seu conteúdo textual, porém possuem o mesmo significado. Portanto, a ontologia além de agrupar as informações baseadas no conteúdo vocabular, identifica particularidades comumente entre as sentenças com base no conhecimento implicado a descrição de cada uma delas.

Diante da perspectiva de Campos (2004), “As ontologias computacionais são utilizadas como instrumentos de construção de modelos a partir dos quais se pode organizar e representar o conhecimento. Se o processo de conhecer pode ser compreendido como um processo de construção de modelos de um dado domínio”, pode-se dizer então, que a ontologia computacional constrói e compreende o conhecimento, através de um sistema léxico, que identifica as propriedades e características de cada entidade.

É importante reiterar o ponto que une a ontologia filosófica a ontologia tecnológica, que é justamente a escolha de categorização para representar um conhecimento. Porém a inteligência artificial possui uma particularidade, que se detém na criação de uma rede de definições compatível e consensual na comunidade em que está inserida, atribuindo valor descritivo ao vocabulário do documento, portanto, esses conceitos são embutidos em um padrão, em que os termos e as definições de cada “entidade” são aceitas pela comunidade.

2.3 Gestão do Conhecimento

Os processos de armazenagem, agrupamento e filtragem de dados é realizada com o respaldo da Gestão do Conhecimento, área que possui o papel de gerir estrategicamente as informações de um domínio, para assim disseminar o conhecimento para a comunidade.

A NASA define Gestão do Conhecimento como “Uma maneira de transmitir as informações corretas às pessoas certas no momento certo, ajudando as pessoas a criarem e compartilharem conhecimento de forma estruturada” (HOLM, 2000). Considerando essas informações, compreende-se a relevância do uso das ontologias nos processos de gestão de conhecimento, que desenvolve um sistema linear que unifica as entidades correlatas, criando um domínio próprio a elas. Portanto, resume-se em um sistema que categoriza ou agrupa informações de qualquer tipo, em classes e geralmente essa separação se concretiza em níveis hierárquicos a fim de simplificar algum processo específico.

2.4 Web Semântica

A utilização de sistemas de informação como agentes integradores vêm apresentando um crescimento significativo em diversas áreas, inclusive no segmento militar, pois é uma área que exige uma grande demanda de informações e esse fator pode ocasionar sobrecargas no sistema utilizado.

Considerando isso, os órgãos responsáveis por gerir essas informações, buscam recursos para aprimorar as funcionalidades desses sistemas com o propósito de auxiliar na obtenção rápida de informações, na automatização de tarefas rotineiras e no compartilhamento de todo esse conhecimento de forma segura. Tudo para que os recursos humanos tenham um enfoque maior em atividades cruciais, como na tomada de decisão.

As organizações de forma geral, não trabalham de forma isolada, por conta disso, o sistema utilizado nelas em algum momento tem que se relacionar com sistema de outros setores, unidades ou até mesmo de outras organizações. Nesse contexto, pode-se considerar que essas subdivisões facultam sistemas especializados para cada um desses segmentos e que cedo ou tarde as informações contidas nesses sistemas têm que se encontrar de alguma forma.

Esse processo de encontro, pode causar “choque de informações” ocasionando erros, pois cada sistema é voltado para sua área, com um vocabulário próprio para a sua atividade. Gerando assim a chamada, Interoperabilidade semântica.

Em vista que a web hoje representa uma ferramenta que pode ser considerada um grande banco de dados, as organizações passaram a utilizá-la como um agente apoiador para armazenar seus dados, compartilhá-los e recuperá-los de forma segura. Contudo, existe um problema que dificulta muito a obtenção desses dados que seria a integração das diversas bases de documentos existentes. Para suprir essa lacuna o conceito de Web Semântica foi desenvolvido.

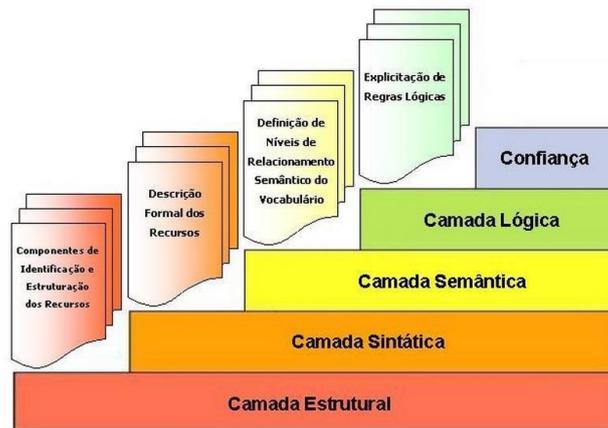
Segundo Berners-Lee, Hendler e Lassila (2001) “A Web Semântica não é uma Web separada, mas uma extensão da atual. Nela a informação é dada com um significado bem definido, permitindo melhor interação entre os computadores e as pessoas”

A Web semântica é então, o conceito que implica a interligação de todos os dados contidos em um sistema, a fim de estruturar uma rede de informação coletiva. Para que esse mecanismo faça a gerência dessas informações, faz-se o uso do conceito ontológico.

A OWL (*Ontology Web Language*) é a principal linguagem ontológica da Web Semântica, capaz de executar computacionalmente todas as características inclusas em documentos. Dispõe do uso de classes, propriedades, entidades e valores dos dados para organizar as informações no sistema.

Para compreender melhor a funcionalidade da Web Semântica, é necessário que se compreenda sua arquitetura, apresentada na Figura 2.

Figura 2 – Arquitetura funcional da Web Semântica



Fonte: Ramalho, Vidotti e Fujita (2007)

Conforme apresentada na Figura 2, a arquitetura funcional da Web Semântica possui em sua base a Camada Estrutural, que tem como critério filtrar todos os recursos de informação, disponível na web de forma padronizada, ou seja, funciona como um localizador - *Uniform Resource Locator* (URL) ou *Uniform Resource Name* (URN), que identifica as informações e agrupa-as de modo formal.

Em seguida, vem a camada Sintática que tem como princípio descrever as informações, levando por base as regras sintáticas. Utiliza do recurso tecnológico *eXtensible Markup Language* (XML) que utiliza o conceito de *Tags* (Marcações) pertencentes a um inventário, para representar documentos, conjuntos de dados, configurações entre outros.

Já a Camada Semântica representa as informações vocabulares com propriedade, atribuindo valores aos dados. Para que isso aconteça, a semântica utiliza a tecnologia RDF (*Resource Description Framework*), responsável por descrever os grupos e as características dos recursos.

Por conseguinte, tem-se a Camada Lógica. Como o nome mesmo já sugere, contempla as questões lógicas e coerência dos recursos informacionais, além de verificar se os padrões das camadas inferiores estão sendo atendidas.

Por fim, o topo dessa arquitetura é ocupado pela Confiança, que garante a confiabilidade das informações contidas nas camadas, confere os processos anteriores para que tudo esteja correto. Até então, tanto a Camada Lógica, quanto a Confiança não possuem tecnologia específica para geri-las, porém seus objetivos são bem definidos.

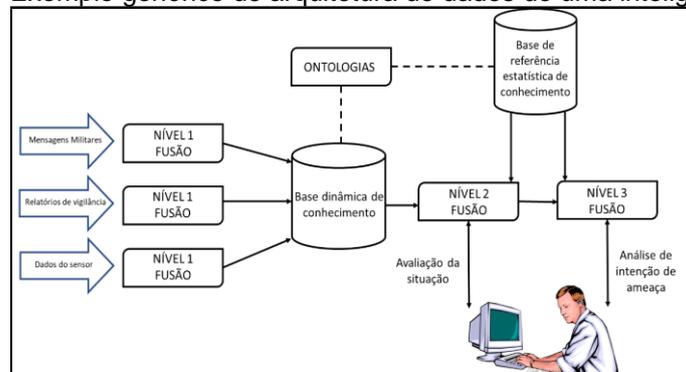
Com a funcionalidade da Web Semântica descrita, é possível analisar a questão da ontologia em sistemas informacionais no setor aeroespacial.

2.5 O Uso de Ontologias em Sistemas Aeroespaciais

O setor aeroespacial, como qualquer outro, gera uma alta quantidade de dados e para que o processamento desses dados seja eficiente, necessita-se de um sistema de alto nível para organizar as informações e por conseguinte construir uma rede de conhecimento completa.

Muitas áreas no setor aeroespacial dependem de um sistema de informação apto para fornecer uma base de conhecimento sólida e muito bem definida. A Figura 3 apresenta um exemplo genérico de arquitetura de dados de um sistema de inteligência militar.

Figura 3 – Exemplo genérico de arquitetura de dados de uma inteligência militar



Fonte: Adaptado de Kogut e Heflin (2003)

A Figura 3 representa o processo de fusão de dados de uma Inteligência Militar, observa-se que ele começa pelo processamento de dados brutos contidos no sensor, esses dados juntamente aos relatórios gerados e as mensagens dos militares (todos considerados dados de primeiro nível) são semanticamente unidos em uma base dinâmica de conhecimento gerida por ontologias. Por sua vez, as ontologias fornecem essas informações para uma base de dados que cria uma base de conhecimento fundida, que gera dados estatísticos. No segundo nível dados numéricos e simbólicos são quantitativamente processados e combinados para produzir avaliações da situação. Finalizando com o terceiro nível de fusão que avalia ameaças e analisa as intenções inimigas.

Esse processo apresenta como a ontologia trabalha através de sistema de informações, para apoiar:

- Coleta e compartilhamento de dados
- Componentes de engenharia
- Manufatura
- Conhecimento semântico

2.6 Revisão Sistemática

Para se conduzir a revisão sistemática, artigos científicos relacionados diretamente com o tema referido foram escolhidos e analisados. Entre os artigos selecionados, podem ser citados:

Semantic web technologies for Aerospace, elaborado por Paul Kogut e Jeff Heflin (KOGUT e HEFLIN, 2003); e

Basic Concepts and Distinctions for an Aerospace Ontology of Functions, Entities and Problems, escrito por Jane T. Malin e David R. Throop (MALIN e THROOP, 2007).

Esses estudos agregaram conhecimento e foram importantes fontes de dados para a realização desta pesquisa, fornecendo informações concretas sobre a utilização de Ontologias em Sistemas Aeroespaciais.

3 Trabalhos Futuros

Para as próximas etapas desta pesquisa, pretende-se expandir a relação de referências e realizar análises de novas fontes de dados com o objetivo de melhorar e elaborar uma revisão sistemática mais abrangente.

Considerações Finais

Pôde-se concluir com o desenvolvimento da presente pesquisa que a ontologia é uma importante ferramenta que cria uma espécie de linguagem universal, que adota um conceito de terminologias únicas referentes a um mesmo grupo de entidades, eliminando assim a ocorrência de duplicidades de dados em sistemas.

Contextualizando ao setor Aeroespacial, que por sua vez, sempre está em busca de um fluxo de informações fluído, o uso de ontologias se faz imprescindível para que não ocorram falhas na partilha, tampouco no processamento de dados em outros setores, outras organizações ou em outras bases de dados. Firmando assim um compromisso de um suporte confiável de informações concisas sobre um determinado domínio.

Agradecimentos

Ao CNPq pelo auxílio financeiro por meio do Processo 164957/2019-7.

Ao Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) pela oportunidade de desenvolvimento da pesquisa.

Referências

ALMEIDA, M. B. An unified approach to ontologies: Information Science, Computer Science and Philosophy. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 19, p. 242-258, 2014.

BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. The semantic web. **Scientific American**, v. 284, n. 5, p. 28-37, 2001.

CAMPOS, M. L. A. Modelização de domínios de conhecimento: uma investigação de princípios fundamentais. **Ciência da Informação**, v. 33, n.1, p. 22-32, 2004.

CHAUÍ, M. S. **Convite à filosofia**. São Paulo: Ática, 2000.

- FENSEL, D.; VAN HARMELEN, F.; HORROCKS, I.; MCGUINNESS, D. L.; PATEL-SCHNEIDER, P. F. OIL: An ontology infrastructure for the semantic web. **IEEE Intelligent Systems**, v. 16, n. 2, p. 38-45, 2001.
- FIGUEIREDO, F. C.; ALMEIDA, F. G. Ontologias em ciência da informação: um estudo bibliométrico no Brasil. **Ciência da Informação**, v. 46, n. 1, p. 25-26, 2017.
- GÓMEZ-PÉREZ, A. Evaluation of taxonomic knowledge in ontologies and knowledge bases. In: **12th Banff Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems**, Canadá, 1999.
- GUARINO, N.; OBERLE, D.; STAAB, S. What is an ontology?. In: **Handbook on ontologies**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. p. 1-17.
- HOLM, J. **Knowledge management at the JET Propulsion Laboratory and NASA**. Nasa Technical Reports, 2000.
- KITCHENHAM, B. Procedures for performing systematic reviews. **Keele, UK, Keele University**, v. 33, n. 2004, p. 1-26, 2004.
- KOGUT, P.; HEFLIN, J. Semantic web technologies for Aerospace. In: **IEEE Aerospace Conference Proceedings**, 2003.
- MAEDCHE, A.; VOLZ, R. The text-on-onto ontology extraction and maintenance system. In: **Proceedings of the Workshop on Integration Data Mining and Knowledge Management**. San Jose, California, 2001.
- MALIN, J. T.; THROOP, D. R. Basic concepts and distinctions for an aerospace ontology of functions, entities and problems. In: **2007 IEEE Aerospace Conference Proceedings**. 2007. p. 1-18.
- RAMALHO, R.; VIDOTTI, S.; FUJITA, M. Web Semântica: uma investigação sob o olhar da Ciência da Informação. **DataGramaZero – Revista de Informação**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 6, 2007.
- SMITH, D. W. “Pure” logic, ontology, and phenomenology. **Revue internationale de philosophie**, v. 224, n. 2, p. 21-44, 2003.