

Panorama das ontologias do domínio agrícola: estudo a partir da Análise de Conteúdo

Webert Júnio Araújo

Doutorando em Gestão e Organização do Conhecimento pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - Belo Horizonte, MG - Brasil. Mestre em Ciências da Informação pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - MG - Brasil. Bibliotecário do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) - Contagem, MG - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/6077154648736730>

E-mail: webertaraujo@ufmg.br

Gercina Ângela de Lima

Pós-Doutorado pela Universidade de São Paulo (USP) – SP - Brasil. Pós-Doutorado pela Universidad Carlos III de Madrid (UC3M) - Espanha. Doutora em Ciências da Informação pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – MG - Brasil. Professora da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - Belo Horizonte, MG - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/3183050056105009>

E-mail: glima@eci.ufmg.br

Data de submissão: 26/12/2019. Data de aceite: 06/08/2020. Data de publicação: 27/04/2021

RESUMO

O estudo objetiva identificar o panorama atual das ontologias do domínio agrícola, por meio de uma revisão de literatura. Os procedimentos metodológicos adotados no estudo são: i) levantamento bibliográfico; ii) seleção dos trabalhos para estudo; iii) aplicação da técnica de Análise de Conteúdo para criação de quatro categorias de análise: assunto, propósito, metodologia de desenvolvimento e avaliação/validação. Os resultados mostram que as ontologias possuem, quanto à categoria “assunto”, uma diversidade de temáticas dentro da agricultura, revelando as inúmeras possibilidades de construção de ontologias na área. Em relação ao “propósito da ontologia”, observa-se que seus objetivos variam entre criar um modelo de representação do conhecimento em um subdomínio relacionado à agricultura, e servir como base para alguma aplicação. No tocante à “metodologia de desenvolvimento”, predomina a construção de ontologias sem o uso de metodologias reconhecidas na literatura. Por fim, a categoria “avaliação/validação” revela a preocupação dos desenvolvedores na verificação das ontologias. Conclui-se que a principal omissão das ontologias do domínio agrícola é com relação ao uso de metodologias para desenvolvimento.

Palavras-chave: Ontologia de domínio. Agricultura. Sistema de Organização do Conhecimento.

Overview of the agricultural domain ontologies: a study based on Content Analysis

ABSTRACT

This study aims to identify the current panorama of ontologies in the agricultural domain, through a review in literature. The methodological procedures adopted in this study are: 1) bibliographic survey; 2) selection of papers for study; 3) application of the Content Analysis technique to create four categories of analysis: subject, purpose, development methodology and evaluation/validation. The results show that as far as the “subject” category is concerned, ontologies have a diversity of topics within the agriculture, revealing the innumerable possibilities of ontology construction in the area. In terms of the “ontology purpose” it can be observed that the objectives of ontologies vary between creating a model of representation of knowledge in a subdomain related to agriculture, and serve as the basis for some application. With regard to “development methodology”, the construction of ontologies is predominant without the use of methodologies recognized in the literature. Finally, the category “evaluation/validation” reveals the concern of the developers in the verification of the ontologies. We conclude that the main omission of the ontologies of the agricultural domain is with respect to the use of development methodologies.

Keywords: Domain ontology. Agriculture. System of Organization of Knowledge.

Visión general de las ontologías del dominio agrícola: un estudio basado en el análisis de contenido

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo identificar el panorama actual de las ontologías en el dominio agrícola, a través de una revisión de la literatura. Los procedimientos metodológicos adoptados en este estudio son: 1) encuesta bibliográfica; 2) selección de trabajos para estudio; 3) Aplicación de la técnica de análisis de contenido para crear cuatro categorías de análisis: tema, propósito, metodología de desarrollo y evaluación/validación. Los resultados muestran que las ontologías tienen, en cuanto a la categoría de “sujeto”, una diversidad de temas dentro de la agricultura, que revelan las innumerables posibilidades de la construcción de ontologías en el área. En términos del “propósito de la ontología”, se puede observar que los objetivos de las ontologías varían entre crear un modelo de representación del conocimiento en un subdominio relacionado a la agricultura y servir de base para alguna aplicación. En lo que se refiere a la “metodología de desarrollo”, la construcción de ontologías es predominante sin el uso de metodologías reconocidas en la literatura. Finalmente, la categoría “evaluación/validación” revela la preocupación de los desarrolladores en la verificación de las ontologías. Concluimos que la principal omisión de las ontologías del dominio agrícola es sobre el uso de metodologías de desarrollo.

Palabras clave: Ontología de dominio. Agricultura. Sistema de organización del conocimiento.

INTRODUÇÃO

A agricultura é uma atividade econômica onipresente. Ela evolui a partir de pesquisas científicas e da aplicação de técnicas dependentes de tecnologias modernas, como sensores e equipamentos de GPS, que possibilitam maior sustentabilidade dos recursos ambientais e aproveitamento econômico. Seu desenvolvimento sustentável se mostra imprescindível ante o crescimento populacional, à diminuição de áreas de cultivo e à necessidade de preservação ambiental. Essa importância é destaque na Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) nos objetivos (2) - acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável; e (15) - proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.

A ciência da informação (CI), por sua vez, preocupa-se com os aspectos relacionados à gestão, à organização, ao acesso e à recuperação da informação e do conhecimento, com potencial teórico-metodológico para contribuir com estudos em diversas áreas do saber humano, dentre elas, a agricultura.

Nessa intersecção, as ontologias, um dos objetos de investigação da CI, podem auxiliar no compartilhamento de conhecimento entre especialistas de domínio, possibilitando o aperfeiçoamento de processos e técnicas para o melhoramento das pesquisas nesta área. Roussey *et al.* (2011) mostram que a aplicação de ontologias no contexto da agricultura resolve problemas de interoperabilidade e de integração entre recursos heterogêneos advindos de fontes distintas. As ontologias, dentre os Sistemas de Organização do Conhecimento (SOC), são as mais indicadas para tornar a representação do conhecimento mais próxima da realidade com o uso de linguagem formal, visto que é um sistema com maior poder de expressividade, se comparada a outros SOCs (SALES, CAFÉ, 2009).

Os estudos sobre ontologia estão cada vez mais presentes nas pesquisas da ciência da informação (SOUZA JR., CAFÉ, 2012; ARP, SMITH, SPEAR, 2015; FARINELLI, 2017). Tal fenômeno se deve principalmente à sua capacidade de contribuir na solução de problemas concernentes à representação da informação e do conhecimento, o que permite minimizar a ambiguidade semântica e auxiliar o compartilhamento do conhecimento. Ademais, as ontologias contribuem na eficácia de buscas em sistemas de recuperação da informação (MAEDCHE *et al.*, 2003) e possibilitam a inferência de conhecimento por agentes de software (HENZE, DOLOG, NEJDL, 2004).

Este estudo é parte de um projeto mais amplo que visa ao desenvolvimento de ontologias no contexto da agricultura brasileira. Assim, objetiva-se, especificamente, identificar o panorama atual das ontologias do domínio agrícola por meio de uma revisão de literatura. Pretende-se investigar quais são as ontologias já desenvolvidas, seus propósitos, assuntos que elas cobrem e suas características, tais como método de desenvolvimento, de avaliação ou validação.

ONTOLOGIAS

A etimologia da palavra “ontologia” vem do grego *onto* (ser) e *logos* (estudo), ou seja, “estudo do ser”, tendo sido cunhada, de acordo com Moreira *et al.* (2004), por Rudolf Goclenius em 1613. Seus estudos têm origem na filosofia, mais especificamente na metafísica, na qual lidam com a natureza da existência e das categorias daquilo que existe. As pesquisas em ontologias surgiram por volta da década de 70, com o advento das novas tecnologias, sobretudo do computador, após a explosão informacional. Elas eram usadas na ciência da computação, especialmente no âmbito da inteligência artificial, como forma de auxiliar na representação do conhecimento. Em seguida, outras áreas se voltaram para as ontologias, como a ciência da informação.

Nesse contexto, as ontologias começaram a despertar interesse da comunidade científica na década de 90. Vickery (1997), Soergel (1999) e já nos anos 2000, Gilchrist (2003) foram os pioneiros a abordar a temática. Na CI, elas são tidas como um tipo de Sistema de Organização do Conhecimento. Assim, podem contribuir para a representação do conhecimento em um domínio através da explicitação de conceitos e das relações entre eles. Por serem apresentadas em uma linguagem formal legível por computador, as ontologias permitem que o conhecimento possa ser explicitado e processável por agentes inteligentes, que podem criar novas inferências.

Na literatura encontram-se várias definições para ontologias, principalmente de autores provenientes das ciências da computação (GRUBER, 1993, 1995; GUARINO, 1998, USCHOLD E GRUNINGER, 1996; SMITH E WELTY, 2001) e da Informação (VICKERY, 1997; SOERGEL, 1999; ALMEIDA E BAX, 2003; ALMEIDA, 2013). Algumas se completam e convergem para o mesmo caminho, já outras são divergentes. Neste estudo não temos o intuito de apresentar tais definições. Portanto, define-se ontologia de acordo com Gruber (1993, p.199), que a descreve como “uma especificação explícita de uma conceitualização”. Borst (1997) adicionou os atributos “formal” e “compartilhada” à definição de Gruber. Assim, uma ontologia é uma especificação explícita e formal de uma conceitualização compartilhada.

A palavra *formal* indica que a ontologia deve possuir um nível de formalidade compreensível pelas máquinas; já a palavra *explícita*, que todos os recursos empregados devem ser claros. A *palavra compartilhada* mostra que o conhecimento trazido por ela deve ser consensual, ou seja, aceito por um grupo maior de pessoas, e *conceitualização* indica um modelo abstrato do fenômeno que se almeja representar. A definição apresentada por Gruber e ampliada por Borst é completa e significativa para o cenário de Organização da Informação e do Conhecimento com o qual a CI lida.

As ontologias podem ser classificadas em tipos. Apesar de não haver um consenso sobre a forma de classificação, há uma proposta recorrente na literatura, apresentada por Maedche (2012), que as classifica em quatro tipos:

- ontologias de alto nível: descrevem conceitos muito gerais, como espaço, tempo, evento, entre outros; que são independentes de um problema particular ou domínio;
- ontologias de domínio: descrevem o vocabulário relacionado a um domínio genérico, através da especialização (ou não, uma vez que esta classificação pode ser construída do zero) de conceitos introduzidos nas ontologias de alto nível;
- ontologias de tarefa: descrevem um vocabulário relacionado a uma tarefa ou a uma atividade genérica, através da especialização de conceitos introduzidos nas ontologias de alto nível;
- ontologias de aplicação: são as ontologias mais específicas, utilizadas dentro das aplicações, que especializam as ontologias de domínio e as de tarefas.

O interesse neste estudo são as ontologias de domínio, que são o tipo mais comum nas bibliotecas e repositórios. Elas funcionam como um padrão conceitual e terminológico dentro da área de conhecimento onde foram desenvolvidas, haja vista que sua construção pressupõe consenso entre os especialistas. Assim, o compartilhamento de conhecimento dentro do domínio é mais simples.

Devido às capacidades das ontologias, vários domínios (como a biologia, medicina, administração e agricultura) têm utilizado esses instrumentos como solução ou apoio para os problemas de cada área. Na agricultura, as ontologias desempenham papel relevante, devido ao crescente emprego de tecnologias nas atividades agrícolas, o que gera enorme quantidade de dados que precisam ser trabalhados para auxiliar os profissionais das áreas em suas atividades.

Em tal cenário, as ontologias contribuem para a interoperabilidade semântica entre diferentes sistemas, compartilhamento do conhecimento, recuperação de informação e a inferência de novos conhecimentos.

ANÁLISE DE CONTEÚDO

A ciência da informação lida com vários métodos e técnicas para análise, coleta e tratamento da informação para divulgação de suas pesquisas. Dentre elas está a Análise de Conteúdo (AC), utilizada com maior frequência em pesquisas qualitativas, mas podendo ser aplicada também em quantitativas e quanti-qualitativas.

Antes de ser utilizada para analisar comunicações, a Análise de Conteúdo já era empregada na interpretação de textos sagrados ou misteriosos, de sonhos, de exegese religiosa e na explicação crítica de textos literários, revelando-se desde o princípio como um procedimento hermenêutico (BARDIN, 2016).

Após meados da década de 70, a difusão dos computadores e as experiências com a inteligência artificial aumentaram as possibilidades de recursos informatizados. A partir desse período, várias tentativas de análise de comunicações são observadas: lexicometria, análise da conversação, documentação e bases de dados.

Bardin (2016) resume o terreno, o funcionamento e o objetivo da análise de conteúdo da seguinte maneira:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens (BARDIN, 2016 p. 48).

Ainda de acordo com Bardin (2011, p.33), a AC compreende “um conjunto de técnicas de análise das comunicações. [...] um leque de apetrechos; ou, com maior rigor, será um único instrumento, mas marcado por uma grande disparidade de formas e adaptável a um campo de aplicação muito vasto: as comunicações”.

Bardin (2016) delimita duas práticas intimamente ligadas à AC, seja pela identidade do objeto ou pela proximidade metodológica: a linguística e as técnicas documentais.

Diferente de outras técnicas, como a estocagem ou indexação de informações e a crítica literária, ela é sempre feita a partir da mensagem e tem por finalidade a produção de inferências (CAMPOS, 2004). Portanto, inferir sobre o texto objetivo é a razão de ser da Análise de Conteúdo.

No que concerne à organização da Análise de Conteúdo (AC), serão apresentadas suas três fases: a pré-análise; a exploração do material ou codificação; e o tratamento dos resultados, com a inferência e a interpretação. Em sequência, serão descritas suas técnicas principais.

Segundo Cavalcante, Calixto e Pinheiro (2014), na fase de pré-análise o pesquisador realiza uma leitura flutuante. Com ela, concebe-se o universo de estudo e o *corpus* para análise, formulação e reformulação dos pressupostos, e por fim, são estabelecidos os indicadores de análise para a fase de interpretação. A fase de exploração do material refere-se à busca do pesquisador por categorias (palavras ou expressões) que resumam certo segmento do texto ou fala de modo significativo. Já na última fase da AC, com o tratamento dos resultados, o pesquisador propõe inferências e faz interpretações associando as diferentes categorias elencadas para o *corpus* de análise.

Cabe ressaltar que a AC engloba diversas técnicas de pesquisa, ou seja, formas diferentes de explorar determinado material. De acordo com Oliveira (2008), algumas das técnicas são: **Análise temática ou categorial**, análise de avaliação ou representacional, análise de enunciação, análise de expressão, análise de relações, análise do discurso, análise léxica ou sintática, análise transversal ou longitudinal etc. O tipo de análise usada na pesquisa depende dos interesses do pesquisador, de qual (ou quais) problemas ele deseja responder. No âmbito deste estudo, emprega-se a técnica análise temática ou categorial para entender os cenários das ontologias do domínio agrícola.

De modo geral, as técnicas da AC podem ser aplicadas aos suportes escrito e oral. Henry e Moscovici (1968 citados por BARDIN, 2011) afirmam que “[...] “tudo o que é dito ou escrito é susceptível de ser submetido a uma análise de conteúdo”. Porém, Bardin (2011) deixa claro que a AC também pode se aplicar a elementos icônicos, tais como imagens, fotografias, filmes, grafismos. Existe uma infinidade de contextos para aplicação das técnicas da AC, o que torna a listagem de todos inconcebível. Com base em Bardin (2011), trazemos alguns exemplos: medir a implicação do político nos seus discursos; seguir a evolução da moral de nossa época através de anúncios de revista; radiografar a rede das comunicações formais e informais de uma empresa a partir das ordens de serviço ou chamadas telefônicas; fazer o recenseamento do repertório semântico ou sintaxe de base de um setor publicitário; compreender os estereótipos do papel da mulher no enredo fotonovelístico; provar que os objetos de nossa vida cotidiana funcionam como uma linguagem; dentre uma série de outros.

METODOLOGIA

Esta pesquisa se caracteriza como exploratória. De acordo com Gil (2002), investigações desse tipo têm o propósito de proporcionar maior familiaridade com o problema, no intuito de torná-lo mais transparente. No que diz respeito aos procedimentos técnicos utilizados, faz-se referência a uma pesquisa bibliográfica.

Os procedimentos metodológicos adotados para desenvolvimento do trabalho são divididos em 3 etapas: 1) levantamento bibliográfico; 2) seleção dos trabalhos para estudo; 3) aplicação da técnica de Análise de Conteúdo para criação de categorias.

LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Nesta fase da pesquisa, realizou-se a busca no Portal de Periódicos da Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). Definiu-se por este portal pois ele permite acesso às principais bases de dados e aos principais periódicos da área. Estaca-se que a recuperação de registros no Portal Capes pode ser realizada inicialmente a partir dos campos *assunto, periódico, livro e base de dados*. Para esta pesquisa, como o interesse principal era recuperar documentos que tratavam exclusivamente de uma temática (ontologias na área de agricultura), escolheu-se fazer a busca por assunto, entre os anos de 2008 a 2018¹. Em seguida, utilizou-se o recurso de pesquisa avançada do portal para filtragem dos resultados. A figura 1 mostra a estratégia de busca e os filtros utilizados.

A estratégia de busca utilizada trouxe como resultado 51 registros. Decidiu-se utilizar uma estratégia limitada, já que nosso objetivo é analisar qualitativamente o conteúdo dos artigos recuperados. Assim, considera-se a quantidade de registros como uma representatividade adequada para traçar as características de ontologias do domínio agrícola, no espaço temporal pesquisa.

Tabela 1 – Estratégia de busca e filtragem dos registros no Portal Capes

The image shows a screenshot of the Capes search interface. The main heading is "Buscar Assunto" with a subtext "(Insira DOI/PMID ou termo de busca)". Below this, there are two search input fields. The first field contains "ontology" and the second field contains "agriculture". Both fields have dropdown menus for "no título" and "contém". To the right of these fields is an "AND" dropdown menu. On the right side of the interface, there are several filter options: "Data de publicação:" set to "Qualquer ano", "Tipo de material:" set to "Artigos", "Idioma:" set to "Qualquer idioma", "Data Inicial:" set to "20 12 2008", and "Data Final:" set to "20 12 2018". At the bottom right, there is a link that says "Selecione bases de dados para busca".

Fonte: Elaboração própria.

¹ O estudo foi finalizado em 2018.

Tabela 1 – Sistematização das propostas de ontologias do domínio agrícola

Ano	Autor (es)	Assunto	Desenvolvimento com base em alguma metodologia?	Passou por processo de avaliação ou validação?
2012	CUI, Yun-peng; SU, Xi a o-lu; LIU, Shi-hong.	Doenças de suínos	Não	Sim
2012	HE, Qi-yun; ZHENG, Ye-lu; XU, Jian-ning	Produção de peixes na Bacia do Rio das Pérolas, na China	Sim	Sim
2012	HUANG, Yong-qi et al.	Informação geográfica para a agricultura	Não	Não
2012	SU, Y. et al.	Conceitos gerais da agricultura como produtos, materiais, técnicas de cultivo	Não	Sim
2012	TAO, T.; ZHAO, M.	Comércio eletrônico de legumes	Não	Sim
2012	WEI, Y. et al.	Pesticidas, pragas e insetos no cultivo	Não	Não
2012	XU, Yong, et al.	Processos de produção agrícola para a indústria de laticínios chinesa	Não	Sim
2012	ZHENG, Y. et al.	Gestão do conhecimento agrícola	Não	Não
2015	WANG, Y. et al.	Aspectos específicos da produção de citrus montanhoso	Não	Sim
2016	BONACIN, R.; NABUCO, O. F.; PIEROZZI JR., I.	Impacto da mudança climática na agricultura e nos recursos hídricos	Não	Sim
2018	KAUSHIK, N.; CHATTERJEE, N	Cultivos de fibras, vegetais, hortifruti e cereais	Não	Não
2018	WANG, Yi; WANG, Ying	Integração do conhecimento para produção de citrus com base na Carta da Agricultura Chinesa de Oito Pontos ² ,	Não	Sim

Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

² Trata-se de um documento de 1958, em que o governo chinês propõe vários métodos para melhorar a produção agrícola.

SELEÇÃO DOS TRABALHOS PARA ESTUDO

Nessa etapa, fez-se a seleção dos 51 registros recuperados na etapa 1 com fundamento nos seguintes procedimentos:

1. foram eliminados duplicidades e artigos sem texto completo. Assim, dos 51 artigos recuperados, 25 foram descartados, restando 26 para inspeção;
2. identificou-se por meio da análise dos metadados (título, subtítulo e resumo) que 14 entre os 26 trabalhos selecionados não atendiam ao propósito da pesquisa, ou seja, não abordavam a temática desenvolvimento de ontologias. Esses trabalhos tratavam de ferramentas, aplicações e sistemas que fazem uso de alguma ontologia do domínio agrícola, mas não abordavam o desenvolvimento de ontologias no contexto da agricultura propriamente. Portanto, o resultado final foi de 12 artigos para análise;
3. realizou-se a leitura do texto completo dos 12 trabalhos selecionados, formando o corpus da pesquisa, para a aplicação da Análise de Conteúdo.

APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE CONTEÚDO

A análise categorial temática refere-se à criação de categorias para investigação, que são estabelecidas *a priori* ou *a posteriori*. Neste trabalho, decidiu-se pela criação prévia das categorias: assunto, propósito, metodologia de desenvolvimento e avaliação/validação.

O pressuposto é que essas categorias poderiam esboçar um panorama sobre as características das ontologias do domínio agrícola no que concerne aos (1) assuntos específicos modelados, (2) forma de desenvolvimento e (3) de validação. Os resultados da aplicação da análise de conteúdo nos documentos selecionados, assim como as discussões, encontram-se na próxima seção.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos estão resumidos na tabela 1 - Sistematização das propostas de ontologias do domínio agrícola, e a seguir são apresentadas mais informações sobre cada estudo analisado.

O primeiro estudo analisado é de Cui Yun-peng, Su Xiao-lu e Liu Shi-hong (2012), em que os autores criaram uma ontologia sobre doenças em suínos. Seu objetivo é a representação de conceitos e relações no contexto destas doenças, mais especificamente parasitoses, doenças associadas a cirurgias e doenças obstétricas. Os autores não fazem uso de nenhuma metodologia e não explicitam as etapas para desenvolvimento da ontologia, que é validada em um sistema de diagnóstico de doenças de suínos.

No estudo intitulado “Constructing the Ontology for Modeling the Fish Production in Pearl River Basin”, He Qi-yun, Zheng Ye-lu e Xu Jian-ning (2012) desenvolveram uma ontologia para a produção de peixes na Bacia do Rio das Pérolas, na China. Essa ontologia aborda principalmente os aspectos biológicos (tipos de peixes), técnicas de produção e o ambiente em questão. O intuito é modelar o conhecimento sobre a piscicultura, que se destaca no contexto chinês por elevar serviços de conhecimento deste tipo de produção, como a recuperação inteligente eficiente e o raciocínio semântico. Para construção da ontologia, os autores utilizam o método Seven-STEP de Li e Meng (2004), que não é comumente utilizado no contexto da engenharia ontológica. Neste caso, a validação da ontologia ocorre por meio de um sistema para diagnóstico de doenças em peixes. Huang Yong-qi *et al.* (2012) desenvolveram uma ontologia nomeada Geoontology, que trata de informações geográficas para a agricultura.

A Geoontology tem por objetivo representar conceitos e relações referentes a características espaciais com base nas teorias da mereologia, topologia e localização. Para o desenvolvimento dessa ontologia, os autores não fizeram uso de nenhuma metodologia específica.

Portanto, sua construção se baseou nos seguintes passos: 1) determinar o domínio e especificar o objetivo de desenvolvimento da ontologia; 2) aplicar métodos de classificação para organizar o domínio; 3) determinar conceitos e relações primitivas; 4) adotar conceitos e relacionamentos primitivos, compor novos conceitos e relacionamentos e classificá-los; 5) descobrir atributos de indivíduos e estabelecer relações; 6) determinar as relações semânticas entre classes, e adicionar as propriedades lógicas das relações. A ontologia não passou por nenhum processo de avaliação.

No artigo “Agricultural ontology based feature optimization for agricultural text clustering”, Su Ya-ru *et al.* (2012) elaboraram uma ontologia que representa conceitos gerais da agricultura, como produtos, materiais e técnicas de cultivo, como o objetivo de caracterizar textos agrícolas. Os autores não se baseiam em nenhuma metodologia para a construção da ontologia. O desenvolvimento teve respaldo no conhecimento de especialistas do domínio, e o processo de construção foi feito por meio do sistema Protégé. A validação ocorreu por meio de aplicação da ontologia no mapeamento de conceitos em textos do domínio agrícola.

Tao Teng-yang e Zhao Ming (2012) criaram uma ontologia para comércio eletrônico de legumes, tratando de espécies, área e descrições de tipos de vegetais, como, folhas, vegetais de bulbo e vegetais solanaceous. Os autores desenvolveram essa ontologia com o propósito de melhorar o índice de precisão e revocação em sistemas de busca de comércio eletrônico de legumes. Para seu desenvolvimento, os autores não fizeram uso de nenhuma metodologia específica. Adotaram os seguintes passos para desenvolvimento: 1) determinação do escopo e da proposta; 2) coleção de informações do domínio e análise; 3) definição de classes e hierarquia; 4) definição das propriedades das classes; 5) criação das instâncias. A validação se deu por meio de um experimento que comparou a busca tradicional por palavras-chave com a busca baseada na ontologia construída, que apresentou melhores taxas de precisão e revocação.

Wei Yuan-yuan *et al.* (2012) desenvolveram uma ontologia que aborda pesticidas, pragas e insetos no cultivo agrícola. A intenção dos autores era que ela servisse de teste para validação de um método de construção automática de ontologias, baseado em recursos Web. A construção não se respaldou em qualquer metodologia e os autores não descrevem os passos para desenvolvimento. Além disso, não houve qualquer tipo de avaliação ou validação.

Xu Yong *et al.* (2012) elaboraram uma ontologia sobre processos de produção para a indústria de laticínios chinesa, no objetivo de estabelecer divisões operacionais fundamentais de informação para tal ramo. Os autores não fizeram uso de nenhuma metodologia e não explicitaram suas etapas de desenvolvimento. A ontologia é validada por meio de um *framework* e sistema.

Ainda no ano de 2012, Zheng Ye-lu *et al.* desenvolveram uma ontologia sobre sistema de gestão do conhecimento agrícola, que visa representar conceitos e suas relações mútuas associadas à aquisição, representação, organização e mineração de conhecimento no contexto da agricultura. Para desenvolvimento dessa ontologia, os autores não se fundamentaram em nenhuma metodologia específica, tendo se baseado nos seguintes passos: 1) coleção e análise da informação do domínio; 2) determinação do propósito e escopo; 3) formalização; 4) confirmação e avaliação; 5) evolução da ontologia. No que diz respeito à avaliação, há apenas uma menção sobre sua relevância, porém, não foi explicitada qual a forma de validação da ontologia proposta.

No artigo intitulado “An ontology-based approach to integration of hilly citrus production knowledge”, Wang Y. *et al.* (2015) desenvolveram uma ontologia que representa aspectos específicos da produção de citrus montanhoso. O propósito é integrar todos os aspectos relacionados à produção da fruta, tais como fertilização, irrigação, tipo de solo, condições do clima e desequilíbrio de nutrientes.

Os autores não explicitam no artigo o uso de metodologia. Porém, é evidente qual o processo de aquisição de conhecimentos (livros, relatórios técnicos e textos científicos), assim como o uso de questões de competência para definição do escopo de modelagem. A ontologia é validada sistematicamente por meio de experimentos e especialistas de domínio.

No contexto brasileiro, Bonacin, Nabuco e Pierozzi Jr. (2016) desenvolveram uma ontologia denominada OntoAgroHidro, que visa modelar toda a complexidade do sistema associado aos impactos da escassez de água e das mudanças climáticas na agricultura, assim como os impactos dessa produção nos recursos hídricos. A ontologia em questão foi construída sem as diretrizes de uma metodologia específica, tendo como base seis etapas de desenvolvimento: 1) análise do problema e planejamento cooperativo com especialistas; 2) modelagem de conceitos centrais em mapas conceituais; 3) refinamento de necessidades e especialização dos conceitos; 4) análise de possibilidade de reuso de modelos existentes; 5) aplicação de quatro alternativas de reuso; 6) avaliação. A ontologia foi avaliada com especialistas através do uso de ferramentas de visualização, modelos simplificados e representações metafóricas.

Kaushik e Chatterje (2018) criaram uma ontologia de cultivos de fibras, vegetais, hortifruti e cereais, no intuito de validar um método de extração automática de relações em artigos sobre agricultura, para construção de novas ontologias. Nenhuma metodologia foi utilizada para seu desenvolvimento. Além disso, os autores não apresentam de modo explícito quais foram suas etapas de construção, tem em vista que o foco principal estava no método para extração de relações. Também não há quaisquer formas de avaliação da ontologia proposta.

O último estudo analisado é de Wang Yi e Wang Ying (2018). Nele, os autores elaboram uma ontologia para integração do conhecimento para a produção de citrus, com base na Carta da Agricultura Chinesa de Oito Pontos: solo, fertilização, água, variedade, densidade, proteção, gerenciamento e ferramenta.

O intuito é modelar em larga escala o conhecimento para produção de citrus. O uso de uma metodologia específica não é esclarecido pelos pesquisadores, que desenvolveram a ontologia nos quatro seguintes passos: 1) definição de classes e instâncias; 2) transformação das descrições em triplas RDF; 3) definição de restrições OWL; 4) definição de regras SPARQL. Além disso, fala-se em reuso de outras ontologias da Web, e em seu desenvolvimento colaborativo. Utilizaram-se os seguintes softwares: TopBraid, Composer e Maestro Edition. Para avaliação, analisou-se o vocabulário, no qual se investigou se as classes, instâncias e relacionamentos das subclasses eram consistentes. A verificação confirmou se os nomes atribuídos aos recursos estavam em conformidade com a convenção de nomes da World Wide Web Consortium, e a avaliação da estrutura teve base no uso de oito métricas. Por fim, a validação por questões de competência foi fundamentada nos critérios de Gruninger and Fox (1995).

Pelos resultados, pode-se notar que as ontologias possuem uma diversidade de temáticas dentro da agricultura, revelando inúmeras possibilidades de construção. Em relação aos propósitos da ontologia, observa-se que eles podem variar entre criar um modelo de representação do conhecimento em um subdomínio relacionado à agricultura, e servir como base para alguma aplicação. Na categoria “metodologia de desenvolvimento”, predomina a construção de ontologias sem o uso de métodos reconhecidos na literatura, tais como NeOn, Methontology, Método 101. Apenas uma proposta fez uso de um método para desenvolvimento, The Seven-Step de Li e Meng (2004). Por fim, no que tange à “avaliação/validação”, revela-se uma preocupação dos desenvolvedores na verificação das ontologias, visto que a maioria das propostas (oito em um total de doze) teve algum tipo de validação, principalmente no uso da ontologia em um sistema.

Ainda com relação à categoria “metodologia de desenvolvimento”, infere-se a partir dos resultados que sua ausência na maioria dos trabalhos estudados está relacionada à inexistência de um padrão metodológico na construção de ontologias. Apesar da existência de várias propostas metodológicas, o desenvolvimento de um padrão pode contribuir para a construção de ontologias em vários domínios do conhecimento, inclusive na agricultura.

Também foi possível perceber a prevalência do cenário agrícola chinês na maioria das ontologias apresentadas. Embora existam conceitos universais da agricultura que podem ser aplicados em qualquer lugar do mundo, também há conhecimentos específicos para o contexto de um país, devido a particularidades de clima, solo, topografia, dentre outras. Logo, é importante que o conhecimento retrate a realidade de cada localização. No que diz respeito à China, percebe-se que o país busca utilizar as ontologias para moldar um conhecimento agrícola voltado para suas particularidades.

Os resultados apresentados se baseiam em um recorte específico e limitado da literatura. Portanto, seria relevante ampliar o escopo deste estudo, com uma maior base de dados para verificar se haverá grandes alterações, ou se as características das ontologias agrícolas permanecerão no mesmo cenário.

CONCLUSÕES

Este estudo considerou a importância da agricultura tanto para a subsistência da humanidade, quanto pela relevância econômica no contexto de certos países. Percebeu-se, com base no recorte realizado, que as ontologias têm a capacidade de contribuir em diversos cenários dentro da agricultura, desde a modelagem do conhecimento sobre citrus montanhoso, pesticidas, piscicultura e até a indústria de laticínios.

Os objetivos da pesquisa foram alcançados; a saber, identificar o panorama atual das ontologias do domínio agrícola, no que se refere às categorias (assunto, propósito, metodologia de desenvolvimento e forma de avaliação e/ou validação) estabelecidas, ainda que algumas limitações devam ser mencionadas: o escopo do trabalho foi reduzido, já que se realizou a busca apenas em um portal (Capes) e ela foi limitada ao período temporal de 10 anos (2008 a 2018).

Acredita-se que os estudos sobre ontologias no domínio agrícola têm muito potencial, posto que elas têm a capacidade de contribuir em distintos aspectos diante de um domínio tão relevante para a sociedade.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M.B. Revisiting ontologies: a necessary clarification. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v.64, n.8, p. 1682-1693, 2013.
- ALMEIDA, M.B.; BAX, M.P. Uma visão geral sobre ontologias: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção. *Ciência da Informação*, v. 32, n.3, p. 7-20, 2003.
- ARP, R.; SMITH, B.; SPEAR, A. D. *Building ontologies with BFO*. Cambridge : MIT. 2015.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa : Edições 70. 2011.
- _____. _____. Lisboa : Edições 70. 2016.
- BONACIN, R.; NABUCO, O.F.; PIEROZZI JR., I. Ontology models of the impacts and climate changes on water resources: scenarios on interoperability and information recovery. *Future Generation Computer Systems*, v.54, p.423-434, 2016.
- BORST, W.N. *Construction of engineering ontologies for knowledge sharing and reuse*. Tese. Centre for Telematics and Information Technology, University of Twente, Enschede. 1997.
- CAMPOS, C.J.G. Content analysis: a qualitative data analysis tool in health care. *Revista brasileira de enfermagem*, v.57, n.5, p. 611-614, 2004.
- CAVALCANTE, R.B.; CALIXTO, P.C.; PINHEIRO, M.M.K. Análise de conteúdo: considerações gerais, relações com a pergunta de pesquisa, possibilidades e limitações do método. *Informação e Sociedade: estudos*, v.24, n.1, p. 13-18, 2014.
- CUI, Y.; SU, X.; LIU, S. Study of ontology-based swine diagnosis technology. *Journal of Integrative Agriculture*, v.5, p.831-838, 2012.

- FARINELLI, F. *Realismo ontológico aplicado a interoperabilidade semântica entre sistemas de informação: um estudo de caso do domínio obstétrico e neonatal*. 2017. Tese (Doutorado em Gestão e Organização do Conhecimento) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2017.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo : Atlas. 2002.
- GILCHRIST, A. Thesauri, taxonomies and ontologies: an etymological note. *Journal of Documentation*, v.59, n.1, p.7-18, 2003.
- GRUBER, T.R. A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, v.5, n.2, 199-220, 1993.
- _____. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. *International journal of human-computer studies*, v. 43, n.5-6, p.907-928. 1995.
- GRÜNINGER, M.; FOX, M.S. Methodology for the design and evaluation of ontologies. In: WORKSHOP ON BASIC ONTOLOGICAL ISSUES IN KNOWLEDGE SHARING, 1995, Montreal. *Anais...*Montreal: IJCAI, 1995.
- GUARINO, N. Formal ontology in information systems. In: FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE (FOIS'98), 1998, Trento, Italia. *Anais...* Trento, Italia: IOS Press, 1998.
- HE, Q.; ZHENG, Y.; XU, J. Constructing the ontology for modeling the fish production in pearl river basin. *Journal of Integrative Agriculture*, v. 5, p.760-768, 2012.
- HENZE, N.; DOLOG, P.; NEJDL, W. Reasoning and ontologies for personalized e-learning in the semantic web. *Educational Technology & Society*, v.7, n.4, p.82-97, 2004.
- HUANG, Y. et al. Research on development of agricultural geographic information ontology. *Journal of Integrative Agriculture*, v.11, n.5, 865-877, 2012.
- KAUSHIK, N.; CHATTERJEE, N. Automatic relationship extraction from agricultural text for ontology construction. *Information Processing in Agriculture*, v.5, n.1, p.60-73, 2018.
- LI, J; MENG, L. S. Comparison of seven approaches in constructing ontology. *New Technology of Library and Information Service*, v.7, p.17-22, 2004.
- MAEDCHE, A. et al. SEManticportAL: the SEAL approach. In: PROCEEDINGS OF SPINNING THE SEMANTIC WEB, 2003, Cambridge. *Anais...* Cambridge: [s.n], p. 317-359, 2003.
- MAEDCHE, A. *Ontology learning for the semantic web*. Springer: Science & Business Media, 2012.
- MOREIRA, A.; ALVARENGA, L.; OLIVEIRA, A.P. O nível do conhecimento e os instrumentos de representação: tesaurus e ontologias. *DataGramZero*, v.5, n.6, 2004.
- OLIVEIRA, D. C. Análise de conteúdo temático categorial: uma proposta de sistematização. *Revista de Enfermagem da UERJ*, v.16, n.4, p.569-576, 2008.
- ROUSSEY, C. et al. Ontologies in agriculture. *ISI*, v.16, n.3, p.55-84, 2011.
- SALES, R.; CAFÉ, L. Diferenças entre tesaurus e ontologias. *Perspectivas em Ciência da Informação*, v.14, n.1, p. 99-116, 2009.
- SMITH, B.; WELTY, C. Ontology: towards a new synthesis. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FORMAL ONTOLOGY IN INFORMATION SYSTEMS (FOIS), 2., 2001, Ogunquit, Maine, USA. *Anais...* Ogunquit, Maine: ACM, p.3-9. 2001.
- SOERGEL, D. The rise of ontologies or the reinvention of classification. *Journal of the American Society of Information Science*, v.50, n.12, p.1119-1120, 1999.
- SOUZA JR., M. B.; CAFÉ, L. Ontologias: abordagens nas teses e dissertações das Universidades Públicas Brasileiras. *Informação e Sociedade*, v.22, n.2, p.81-98, 2012.
- SU, Y. et al. Agricultural ontology based feature optimization for agricultural text clustering. *Journal of Integrative Agriculture*, v.11, n.5, p.752-759, 2012.
- TAO, T.; ZHAO, M. An ontology-based information retrieval model for vegetables e-commerce. *Journal of Integrative Agriculture*, v.11, n.5, p.800-807, 2012.
- USCHOLD, M.; GRUNINGER, M. Ontologies: principles, methods and applications. *Knowledge Engineering Review*, v.11, n.2, p.93-136, 1996.
- VICKERY, B. C. Ontologies. *Journal of Information Science*, v.23, n.4, p.272- 286, 1997.
- WANG, Y. et al. An ontology-based approach to integration of hilly citrus production knowledge. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.113, p.24-43, 2015.
- WANG, Y.; WANG, Y. Citrus ontology development based on the eight-point charter of agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.155, p.359-370, 2018.
- WEI, Y. et al. From web resources to agricultural ontology: a method for semi-automatic construction. *Journal of Integrative Agriculture*, v.11, n.5, p. 775-783, 2012.
- XU, Yong, et al. A Dairy Industry Information Cooperative Service System Based on a Production Process Ontology. *Journal of Integrative Agriculture*, v.11, n.5, p. 839-848, 2012.
- ZHENG, Y. et al. Construction of the ontology-based agricultural knowledge management system. *Journal of Integrative Agriculture*, v.11, n.5, p.700-709, 2012.