

IMUNO-ONTO: Um Modelo Ontológico Baseado na UFO para o Domínio Immunobiológico

Maria Renay Barbosa da Silva¹, Cleyton Mário de Oliveira Rodrigues^{1,2},
Frederico Luiz Gonçalves de Freitas¹ and Herikles Vinicyus Franca Cordeiro¹

¹Centros de informática - Universidade Federal de Pernambuco (Cin-UFPE), Av. Jornalista Aníbal Fernandes, s/n, Cidade Universitária, 50740-560, Recife-PE, Brasil

²Universidade de Pernambuco – Campus Garanhuns, R. Cap. Pedro Rodrigues, s/n, São José, 55294-902, Garanhuns – PE, Brasil

Abstract

Vaccines are an efficient and important prophylaxis measure to increase cases of diseases and even their eradication. Considering the interoperability problems of healthcare systems and knowing that ontologies can establish a common and ideally unambiguous terminology for a domain, we present the study of a conceptual specification for the Immunobiological domain, an IMMUNO-ONTO. This was conceived from the Superior Ontology as known *Unified Foundational Ontology* (UFO). UFO provides a theory of ontological distinctions that addresses a typology of stereotypes (*kind, subkind, phase, role, mixin, category, rolemixin*, among others) along with some restrictions to regulate the construction of ontologically consistent models. At the end, we highlight the possibilities of unfolding this research, such as the formalization of IMUNO-ONTO in a Descriptive Logic for inference of vaccine plans.

Keywords

Ontology, Vaccine, UFO, OLED

1. Introdução

Nos últimos anos houve um aumento da discussão e procura referentes aos processos que envolvem o desenvolvimento de vacinas, principalmente àquelas relacionadas ao SARS-CoV-2, vírus causador da COVID-19. A Vacinação é uma forma de profilaxia, com o intuito de estimular o desenvolvimento de imunidade no organismo no qual é aplicado. Desta forma, o organismo produz uma resposta do sistema imunológico contra os agentes infecciosos, os quais podem ser de origem viral ou bacteriana. Contudo, é importante ressaltar que além de se vacinar, também é essencial disponibilizar informações acerca das vacinas e qual ou quais doenças elas têm o objetivo de prevenir. Desta maneira, as pessoas terão ciência de sua importância, assim como manterão a vacinação atualizada, evitando ainda a propagação das chamadas notícias falsas[1].

O acesso à informação é essencial e é de suma importância que a população tenha acesso às informações verídicas com respaldo científico. Os profissionais da área da saúde também

Proceedings of the 15th Seminar on Ontology Research in Brazil (ONTOBRAS) and 6th Doctoral and Masters Consortium on Ontologies (WTDO), November 22-25, 2022

✉ renaybarbosa@gmail.com (M. R. B. d. Silva); cleyton.rodrigues@upe.br (C. M. d. O. Rodrigues); fred@cin.ufpe.br (F. L. G. d. Freitas); hvfc@cin.ufpe.br (H. V. F. Cordeiro)

🆔 0000-0003-0425-6786 (F. L. G. d. Freitas)



© 2022 Copyright for this paper by its authors. Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).



CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org)

têm um papel importante divulgando e compartilhando informações verdadeiras, deste modo contribuindo de forma ética com a sociedade[2].

Ao tratar da socialização de informações e o seu pleno estabelecimento no universo digital, se faz necessário o uso de modelos semanticamente anotados, livres de ambiguidades e sobre os quais seja possível realizar inferências para as tomadas de decisões. Essa formalização se faz necessária, dado que no âmbito da saúde existem múltiplas terminologias clínicas, o que dificulta o entendimento pelo cidadão comum, bem como dificulta a interoperabilidade dos sistemas, causando uma sobreposição do escopo[3].

Outro ponto que merece destaque é a necessidade de alinhar estas representações conceituais com modelos superiores, as chamadas Ontologias de Topo ou Fundamentação. Em especial, a UFO (*Unified Foundational Ontology*) concebe uma tipologia de categorias, as quais fornecem restrições para correção de pressupostos errôneos, devido às imprecisões de conceituação semântica[4]. Portanto, neste estudo, destacamos como contributo um modelo conceitual para o domínio Imunobiológico, a IMUNO-ONTO, construída a partir da UFO. Sugere-se que, desta forma, podemos estabelecer uma terminologia comum e idealmente não ambígua para um domínio[5].

2. Referencial Teórico

2.1. Vacina

Em 1973 foi criado no Brasil o Programa Nacional de Imunização (PNI), com o intuito de controlar as doenças imunopreveníveis no país. A atuação do PNI foi importante no processo de erradicação de doenças como: poliomielite, varíola e febre-amarela urbana, destacando a importância da vacinação pela população. Uma consequência adicional da vacinação é a diminuição no número de contaminação de doenças como: tétano, difteria, tuberculose, entre outras. Atualmente, o Sistema Único de Saúde (SUS) disponibiliza de forma gratuita 19 vacinas, organizadas conforme a idade definida pelo calendário nacional de vacinação, que são: crianças, adolescentes, adultos, idosos e povos indígenas[6].

As vacinas estimulam a produção de anticorpos específicos através do processo da imunidade ativa adquirida de modo artificial. Antes de inserir uma nova vacina no plano nacional de vacinação algumas decisões precisam ser respaldadas considerando bases técnicas e científicas, como: evidência epidemiológica, garantia da sustentabilidade da estratégia, eficácia e segurança da vacina[7].

2.2. Engenharia Ontológica e a UFO

A engenharia ontológica é responsável pelo processo de desenvolvimento de ontologias e sua manutenção. O processo de desenvolvimento de uma ontologia é afanoso, podendo ser dividido em três etapas distintas: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento. O pré-desenvolvimento é a etapa responsável pelo planejamento, no qual é definido o público alvo e o objetivo da ontologia. No desenvolvimento, destacam-se os processos de implementação como estruturação dos conceitos, relações, instâncias e os axiomas. Por fim, a etapa de pós-desenvolvimento é a responsável pelas atividades de avaliação, na qual são realizados testes para

analisar a consistência lógica (verificação), e se ontologia atende a todos os requisitos descritos para o domínio proposto (validação) [8].

A construção de uma ontologia pode seguir um ciclo de vida genérico que possui no seu processo cinco etapas: Especificação, Conceitualização, Formalização, Implementação/Desenvolvimento e Manutenção/Validação[9]. Contudo, seguindo uma abordagem de construção *top-down*, é necessário selecionar ontologias de topo (como a UFO) nas quais seja possível ancorar o modelo a ser desenvolvido. A UFO foi desenvolvida visando centralizar ontologias de alto nível de universais subjacente OntoClean ,ou seja, uma ontologia para avaliação de ontologias capaz de identificar e corrigir falhas na estrutura de ontologias[10].

A UFO[4] fornece uma teoria de distinções ontológicas que aborda uma tipologia de universais[11] como os tipos sortais rígidos (*kind*, *subkind*), sortais anti-rígidos (*phase*, *role*), e os tipos dispersivos não sortais (ou seja, aqueles que definem conceitos mais genéricos), tais como *mixin*, *category*, *rolemixin*) entre outros, juntamente com algumas restrições para regular a construção de modelos ontologicamente consistentes. A fim de assegurar uma formalização adequada, esta ontologia de topo baseia-se em outras teorias da Lógica Filosófica, da Filosofia da Linguagem, da Linguística e da Psicologia Cognitiva.

A UFO é organizada em categorias, sendo elas *Universal* e *Particular*. Universal define padrões que são instanciados pelos *Particulars*, cada um com seu identificador[12]. A UFO é subdividida em três módulos, sendo eles: a UFO-A, UFO-B e UFO-C. A UFO-A é uma ontologia de durantes, ou seja, as entidades são preservadas temporalmente mesmo que seus valores sejam alterados durante a sua existência. UFO-B é uma ontologia de perdurantes, isto quer dizer que são elementos que ocorrem no tempo mas não persistem. Já a UFO-C é uma ontologia de entidades sociais que possuem aspectos da UFO-A e UFO-B[13]. A Tabela1 destaca alguns dos estereótipos da UFO-A utilizados neste estudo. Para o desenvolvimento da IMUNO-ONTO utilizamos a metodologia Methontology, que possui etapas desde a especificação até a avaliação da ontologia[10].

Table 1
Fragmentos da UFO usados na IMUNO-ONTO

Estereótipo	Categoria	Restrições
<i>kind</i>	RigidSortal	Cada objeto deve ser uma instância (direta ou indiretamente) de um <i>kind</i> .
<i>subkind</i>	RigidSortal	Deve existir exatamente um supertipo <i>kind</i> , direta ou indiretamente.
<i>phase</i>	AntiRigidSortal	Definido como parte de uma partição. Deve existir exatamente um supertipo <i>kind</i> , direta ou indiretamente.
<i>role</i>	AntiRigidSortal	Cardinalidade do lado oposto ao tipo <i>role</i> deve ser ≥ 1 . Deve existir exatamente um supertipo <i>kind</i> , direta ou indiretamente.
<i>category</i>	RigidMixin	Categoria abstrata.
<i>mode</i>	Rigid	Propriedade intrínseca que não possui valor estruturado.

3. Trabalhos relacionados

Após uma pesquisa bibliográfica, destacamos cinco trabalhos que serviram de embasamento para esta pesquisa. O trabalho de Amith et al.(2019)[14] destaca que nos Estados Unidos e em outros países, os índices de cobertura da vacina contra o papilomavírus humano estão abaixo do esperado. Após uma pesquisa, observaram que o uso do diálogo comunicando tanto os riscos quanto os benefícios relacionados à vacina pode melhorar os índices de aceitação. Nesse contexto foi desenvolvido uma ontologia de aplicação para o diálogo com informações de saúde sobre vacinas contra o papilomavírus humano.

A ontologia para COVID-19 (CIDO-COVID-19) foi desenvolvida com o objetivo de fazer a integração, organização e reutilizar o conhecimento relacionado à COVID-19. Sendo construída usando a ferramenta Protegé, sendo uma ontologia mais abrangente para a COVID-19 incluindo informações sobre doença, diagnóstico, etiologia, vírus, transmissão entre outras[15].

A Ontologia de Investigação de Vacinas (VIO), possui uma aplicação padronizada que ajuda a integrar e entender o mecanismo imunológico induzido pela vacina. Garantindo a reprodutibilidade na análise experimental de dados, desta forma demonstrando que baseado em ontologia é viável para ser aplicada para outros domínios biomédicos[16].

A Ontologia para Investigações Biomédicas (OBI), a OBI reutiliza ontologias que fornecem uma representação do conhecimento biomédico. Uma ontologia que fornece termos que possuem significados definidos precisamente usados para descrever aspectos de investigações para os domínios biológicos e médicos[17].

A *Vaccine Ontology* (VO) foi desenvolvida em colaboração de pesquisadores, centros e programas internacionais. A VO faz o uso da *Basic Ontologia Formal* (BFO) e a Ontologia de Relação (RO) para definição de relações de termo. Evidenciando aspectos sobre a classificação de vacinas e seus componentes, qualidade, fenótipos e resposta imune às vacinas[18].

A IMUNO-ONTO difere das outras ontologias por ser modelada seguindo os padrões da UFO com as informações contidas no Calendário Nacional de Vacinação do Brasil.

4. Resultado

Para a construção do modelo ontológico, foi utilizada a ferramenta *OntoUML Lightweight Editor* (OLED), um editor fundamentado nos padrões da UFO, além de estruturado na linguagem OntoUML. O OLED oferece funcionalidades interessantes ao modelar uma ontologia baseada na UFO: no momento de especificar os conceitos e relações, o editor faz uma validação dos constructos OntoUML. Em caso de identificação de inconsistências, ele apresenta o erro e possíveis soluções[19]. Essa análise é feita com base nas próprias restrições das categorias da UFO. Tal comportamento norteou a escolha da OLED para estruturar a IMUNO-ONTO.

Para a modelagem da IMUNO-ONTO, utilizamos os seguintes estereótipos no editor OLED: *Kind*, *Category*, *Relator*, *Subkind*, *Datatype*, *Quantity*, *Mode* e *Phase*. As nomenclaturas dos conceitos escolhidos, assim como os estereótipos podem ser observados na Figura 1.

Para explicar a estrutura da IMUNO-ONTO é importante destacar os três conceitos-chaves do modelo: Vacina, Pessoa e Doença. Em geral, uma vacina é aplicada a grupos de pessoas para prevenir uma ou mais doenças. A Tabela2 apresenta um resumo dos conceitos presentes e os

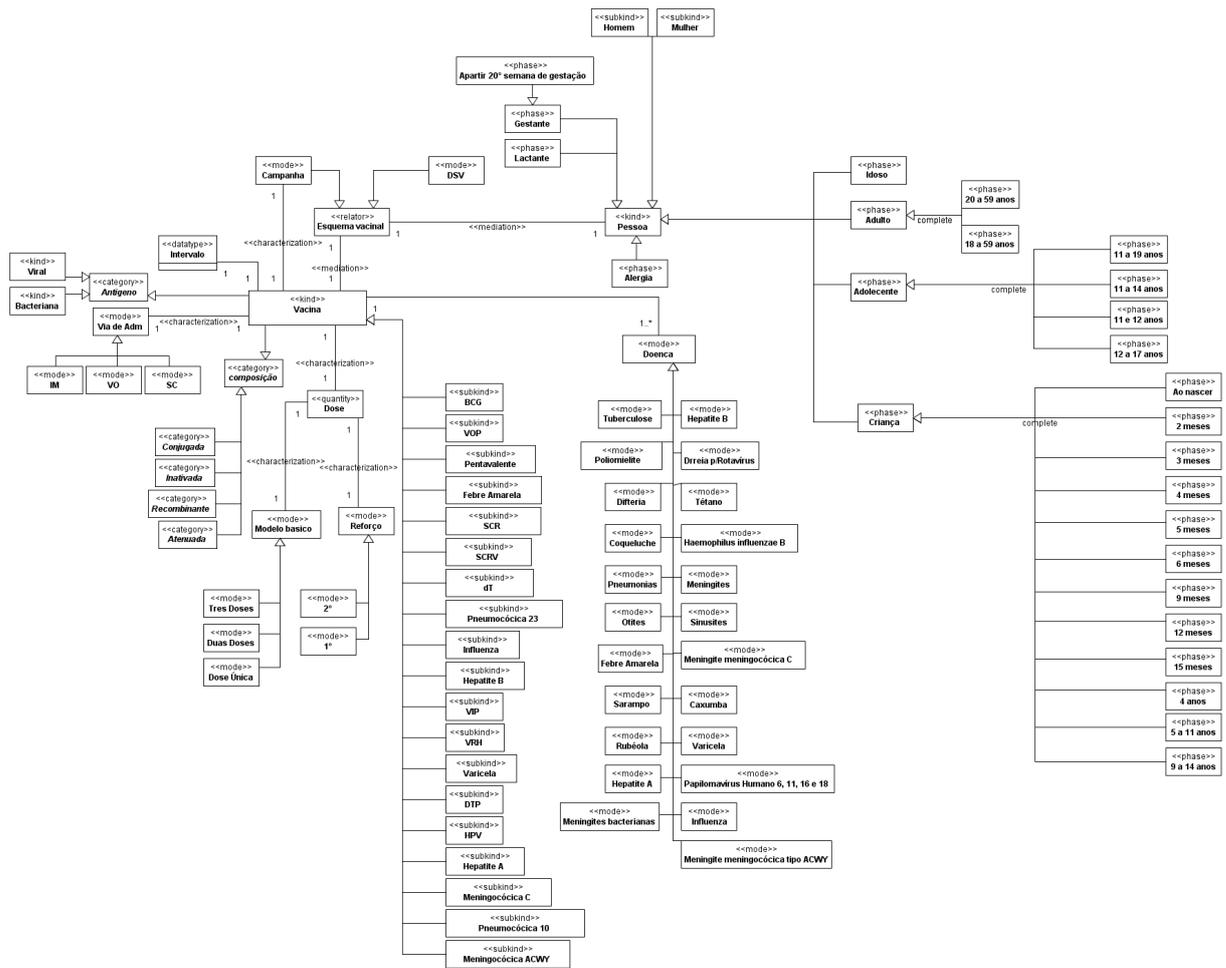


Figure 1: . Modelo da IMUNO-ONTO na ferramenta OLED

estereótipos de cada um.

Destacamos, portanto, que a IMUNO-ONTO é capaz de representar todas as singularidades do plano nacional de vacinação, servindo como uma base para sistemas que possam tomar decisões neste domínio.

5. Conclusão

Neste trabalho abordamos a importância da aplicação de ferramentas capazes de modelar e estruturar informações em áreas da saúde, enfatizando os problemas e dificuldades de realizar interoperabilidade entre sistemas. A IMUNO-ONTO está sendo modelada considerando a necessidade de relacioná-la com outras ontologias, já que o modelo conceitual dela, desenvolvido no editor OLED, segue os padrões de uma ontologia superior: a UFO.

Table 2
Conceitos da IMUNO-ONTO

Classe	Esteriótipo	Descrição
Vacina	Kind	Conceito rígido ligado aos imunizantes que fazem parte do calendário de vacinação: BCG, Hepatite B, VIP, VOP, VRH, Pentavalente, Pneumocócica 10, Febre Amarela, Meningocócica C, SCR, Hepatite A, SCRv, DTP, dT, HPV, Pneumocócica 23, Varicela, Influenza e Meningocócica ACWY. Cada vacina possui um tipo <i>subkind</i> .
Antígeno	Category	Categoria abstrata destacando o antígeno da vacina, podendo ser do tipo viral ou bacteriano.
Esquema vacinal	Relator	O esquema vacinal é uma relação entre as vacinas e as pessoas, o qual possui intervalos entre as doses. Já as doses podem fazer parte de um modelo básico de aplicação ou podem ser de reforço. Doses de reforço normalmente acontecem após a realização do modelo básico. Dependendo da idade, a vacinação precisa levar em consideração a situação vacinal (DSV). Se as doses estiverem completas não é necessário realizar a vacinação.
Composição	Category	As vacinas podem conter, em sua composição: bactérias, vírus mortos ou ativos. Podem ser classificadas como Atenuada, Recombinante, Inativada ou Conjugada.
Via de administração	Mode	As vacinas possuem uma via de administração podendo ser intramuscular (IM), Oral (VO) e Intradérmica (ID).
Doença	Mode	Conceito que representa as doenças prevenidas com as vacinas.
Pessoa	Kind	uma pessoa pode ser do sexo feminino (mulher) ou masculino (homem). Uma pessoa pode ser criança, adolescente, adulto ou idoso. Além de considerar a idade no ato da vacinação, outros aspectos são considerados, como por exemplo: se a pessoa é gestante, tem alguma alergia ou se é lactante.
Criança	Phase	Tipo anti-rígido para especificar uma faixa etária na qual acontece a vacinação conforme o calendário vacinal nacional.
Adolescente	Phase	Tipo anti-rígido para especificar uma faixa etária na qual acontece a vacinação conforme o calendário vacinal nacional.
Adulto	Phase	Tipo anti-rígido para especificar uma faixa etária na qual acontece a vacinação conforme o calendário vacinal nacional.
Idoso	Phase	Tipo anti-rígido para especificar uma faixa etária na qual acontece a vacinação conforme o calendário vacinal nacional.

A IMUNO-ONTO foi modelada de forma que outras vacinas também possam ser inseridas, como a vacina para a Covid-19. Para esta, ainda vem sendo realizados estudos acerca da idade segura para a sua aplicação, o tempo de persistência de memória imunológica, o número de doses no esquema vacinal, entre outros fatores, como no caso de gestantes, lactantes e puérperas [20]. Para trabalhos futuros, planeja-se utilizar a ferramenta Protegé para implementar a ontologia. Assim, será possível inserir os axiomas da ontologia e realizar testes de inferência sobre vacinas.

References

- [1] M. Vilanova, Vacinas e imunidade, *Revista de Ciência Elementar* 8 (2020) 1–8. doi:10.24927/rce2020.021.
- [2] L. R. de Melo Moraes Aps, M. A. F. Piantola, S. A. P. T. de Castro, F. A. de Oliveira Santos, L. C. de Souza Ferreira, Eventos adversos de vacinas e as consequências da não vacinação: uma análise crítica, *Revista de Saúde Pública* 58 (2018) 1–13.
- [3] L. M. D. Teixeira, Ontologias, ciência da informação e sistemas de informação em saúde: articulações a partir de uma revisão sistemática, *Fronteiras da Representação do Conhecimento* 1 (2021) 51–72.
- [4] G. Guizzardi, *Ontological foundations for structural conceptual models* (2005).
- [5] L. Dias, B. Lopes, D. de Oliveira, Ontoexpline: Rumo a uma ontologia para representação de linhas de experimento algébricas, in: *Anais do XIV Brazilian e-Science Workshop*, SBC, Porto Alegre, RS, Brasil, 2020, pp. 33–40.
- [6] C. M. A. S. Domingues, F. F. S. T. Fantinato, E. Duarte, L. P. Garcia, Vacina brasil e estratégias de formação e desenvolvimento em imunizações, *IEpidemiologia e Serviços de Saúde* 28 (2019).
- [7] *Manual de Normas e Procedimentos para Vacinação*, Ministério da Saúde, 2014. https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_procedimentos_vacinacao.pdf.
- [8] W. J. Araújo, G. A. de Lima, Em busca de uma metodologia para enriquecimento de ontologias de domínio, *Múltiplos Olhares em Ciência da Informação* 9 (2019).
- [9] N. D. S. FRANÇA, *Onto Solar Flare-uma ontologia de domínio/aplicação sobre explosões solares sob escopo do método ECID*, Master's thesis, Universidade Federal de São Carlos, 2020.
- [10] F. M. Mendonça, *Ontoforinfoscience: metodologia para construção de ontologias pelos cientistas da informação-Uma aplicação prática no desenvolvimento da ontologia sobre componentes do sangue humano (HEMONTA)*, Ph.D. thesis, Universidade Federal de Minas Gerais, 2015.
- [11] C. M. de Oliveira Rodrigues, *Uma abordagem ontológica para simulação de ação legal e consistência semântica aplicada à legislação brasileira*, Ph.D. thesis, Universidade Federal de Pernambuco, 2019.
- [12] P. M. L. Scheidegger, *Análise Ontológica na Construção de Definições: Diretrizes Baseadas em Ontologia de Fundamentação*, Master's thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.
- [13] J. J. V. Filho, *Um Modelo Adaptativo de Objetos para Modelos Conceituais Baseados em UFO*, Master's thesis, Universidade de Brasília, 2019.
- [14] M. Amith, K. Roberts, C. Tao, Conceiving an application ontology to model patient human papillomavirus vaccine counseling for dialogue management, *BMC bioinformatics* 20 (2019) 1–16. doi:10.1145/351827.384253.
- [15] Y. Xiao, X. Zheng, W. Song, F. Tong, Y. Mao, S. Liu, D. Zhao, Cido-covid-19: An ontology for covid-19 based on cido, in: *2021 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)*, 2021, pp. 2119–2122.
- [16] E. Ong, P. Sun, K. Berke, J. Zheng, G. Wu, Y. He, Vio: ontology classification and study of vaccine responses given various experimental and analytical conditions, *BMC bioinfor-*

matics 20 (2019) 1–10.

- [17] A. Bandrowski, R. Brinkman, M. Brochhausen, M. H. Brush, B. Bug, M. C. Chibucos, K. Clancy, M. Courtot, D. Derom, M. Dumontier, et al., The ontology for biomedical investigations, *PloS one* 11 (2016).
- [18] M. Musen, L. Cowell, B. Smith, Y. He, T. Whetzel, T. Todd, Vo: vaccine ontology, in: *The 1st International Conference on Biomedical Ontology (ICBO-2009)*: July, 2009, pp. 24–26.
- [19] F. M. Mendonça, L. P. de Castro, J. F. de Souza, M. B. Almeida, E. R. Felipe², *Onto4allditor: um editor web gráfico de ontologias direcionado a diferentes tipos de desenvolvedores de ontologias*, *Engineering Ontologies & Ontologies for Engineering* (2020).
- [20] C. M. A. S. Domingues, *Desafios para a realização da campanha de vacinação contra a covid-19 no brasil*, *Cadernos de Saúde Pública* 37 (2021).