

Ontologias na Era Digital: Fortalecendo o Desenvolvimento e Manutenção de Aplicativos Web

Anthony C. Silva¹

¹Centro de Tecnologia - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Caixa Postal 97.105-900 – Santa Maria – RS – Brasil

acsilva@inf.ufsm.br

Abstract. *In the ever-evolving digital landscape, this article underscores the growing importance of web applications and introduces ontology as a fundamental tool for their development. Following the "Ontology Development 101" methodology, we delve into the intricacies of ontology construction, showcasing its practical application. We highlight the streamlined collaboration facilitated by Onto4AllEditor, complementing this approach with the Protégé software.*

The resulting ontology, enriched with crucial classes and SWRL inference rules, delivers a clear and dynamic semantic representation. Its robust implementation establishes a sturdy foundation for the ongoing development and evolution of web applications, streamlining data manipulation and propelling innovations in the digital era. This work makes a significant contribution to the understanding and enhancement of web technologies, emphasizing the pivotal role of ontology as a catalyzing tool for advancement in this dynamic and crucial domain.

Resumo. *Em meio ao cenário digital em constante transformação, este artigo destaca a crescente importância dos aplicativos web e apresenta a ontologia como uma ferramenta fundamental para o seu desenvolvimento. Adotando a metodologia "Ontology Development 101", investigamos minuciosamente o processo de construção da ontologia, demonstrando sua aplicação prática. Destacamos a colaboração facilitada pelo Onto4AllEditor e complementamos essa abordagem utilizando o software Protégé.*

A ontologia resultante, enriquecida com classes fundamentais e regras de inferência SWRL, oferece uma representação semântica clara e dinâmica. Sua implementação sólida estabelece uma base robusta para o desenvolvimento e a evolução contínua de aplicativos web, simplificando a manipulação de dados e impulsionando inovações na era digital. Este trabalho contribui significativamente para a compreensão e aprimoramento das tecnologias web, destacando o papel essencial da ontologia como uma ferramenta catalisadora para o avanço nesse dinâmico e crucial domínio.

1. Introdução

Na era digital, os aplicativos de desenvolvimento web assumem um papel crucial, oferecendo aos usuários uma extensa variedade de serviços e funcionalidades acessíveis diretamente por navegadores da web. Esses aplicativos, conhecidos como aplicativos online, se destacam pela simplicidade de não exigirem instalação local nos dispositivos dos usuários.

Essa característica singular possibilita que os usuários acessem e utilizem funcionalidades específicas diretamente no navegador, proporcionando uma experiência digital mais ágil e flexível.

Construídos com tecnologias essenciais como HTML, CSS e JavaScript, esses aplicativos abrangem uma diversidade de aplicações, desde o fornecimento de informações até a facilitação de interações entre usuários e a execução de tarefas complexas. À medida que a demanda por aplicativos web continua a crescer, a carreira de desenvolvedor web torna-se cada vez mais crucial. Os profissionais dessa área desempenham um papel fundamental na criação, manutenção e aprimoramento desses aplicativos, exigindo um sólido conhecimento em tecnologias web para enfrentar os desafios dinâmicos dessa indústria em constante evolução.

No atual cenário tecnológico dinâmico, os aplicativos web emergem como verdadeiras pontes digitais, conectando usuários a vastos ecossistemas de informações. A eficácia dessas ferramentas está intrinsecamente vinculada à compreensão precisa e organizada do conhecimento que permeia a web. É neste ponto que a ontologia, uma estrutura conceitual poderosa, se revela como uma aliada inestimável para desenvolvedores e usuários, proporcionando uma compreensão mais profunda e significativa do vasto universo digital. Essa integração da ontologia não apenas simplifica o desenvolvimento, mas também enriquece a experiência do usuário, tornando-a mais informada e eficiente.

A organização deste artigo segue a seguinte estrutura: a Seção 1 oferece a introdução, fornecendo uma visão geral do trabalho; a Seção 2 abrange a revisão bibliográfica, contextualizando termos fundamentais como "Aplicativo Web" e "Ontologias" e explorando suas inter-relações; na Seção 3, detalhamos o método empregado no desenvolvimento do trabalho; por fim, as conclusões são apresentadas na Seção 4, encapsulando os principais insights e contribuições deste estudo.

Assim, o presente artigo visa apresentar informações sobre o desenvolvimento web, onde a ontologia desempenha um papel crucial ao proporcionar acesso a dados com organização semântica, estabelecer relações significativas entre diferentes elementos, aprimorar a navegação e pesquisa, e personalizar a experiência do usuário com recomendações precisas e conteúdo adaptado. Na construção de aplicativos web, essa ontologia atuará como um guia estruturado, acelerando o processo de desenvolvimento e reduzindo ambiguidades conceituais. Além disso, ela facilitará a integração de dados de fontes diversas, melhorando a tomada de decisões ao oferecer insights mais profundos e contribuindo para a manutenção eficiente e evolução contínua do aplicativo. No geral ao se ter acesso a esta ontologia será possível reestruturar e enriquecer a inteligência de um sistema, trazendo benefícios tangíveis tanto para desenvolvedores quanto para usuários finais.

2. Revisão bibliográfica

A evolução dos aplicativos web representa um marco significativo no desenvolvimento tecnológico, atendendo às crescentes demandas dos usuários na era digital. Como afirmado por [Gates], "A tecnologia é apenas uma ferramenta. Em termos de conseguir as crianças trabalhando juntas e motivadas, o professor é o mais importante". Nesse contexto, os aplicativos web surgem como ferramentas acessíveis e versáteis, eliminando barreiras de instalação e proporcionando facilidade de uso em diversos dispositivos.

A World Wide Web (WWW), concebida por Tim Berners-Lee em 1989, foi uma resposta visionária aos desafios de intercâmbio de informações, como indicado por [Berners-Lee et al. 2001] em suas palavras: "A grande coisa sobre a Web não é a máquina que usamos para acessá-la, mas a ideia que todos têm uma voz."Ao longo do tempo, a tecnologia para construção de interfaces web, conforme observado por [Winckler and Pimenta 2002], tem avançado constantemente, permitindo a criação de aplicações cada vez mais complexas.

Neste contexto histórico, a criação de aplicativos web não apenas reflete a evolução tecnológica, mas também está intrinsecamente ligada à necessidade contínua de aprimorar a interação entre usuários e informações. Como [Jobs] ressaltou, "A tecnologia sozinha não é suficiente. É a tecnologia casada com as ciências humanas, com as ciências sociais, que nos proporciona o resultado que faz o coração saltar."A busca incessante por soluções eficientes para o intercâmbio de dados e a criação de interfaces mais sofisticadas impulsiona o desenvolvimento contínuo desses aplicativos.

O surgimento da ontologia como um campo de estudo, como discutido por [Gruber 1993], remonta à filosofia, refletindo a busca pela compreensão da natureza do ser e da estrutura da realidade. No âmbito da ciência da computação, as ontologias evoluíram para descrever formalmente conceitos e relações em domínios específicos, como mencionado por [Noy and McGuinness 2001]. Com a ascensão da web semântica, as ontologias tornaram-se cruciais para representar e organizar informações de maneira padronizada, promovendo uma compreensão mais profunda dos dados, conforme evidenciado por [Berners-Lee et al. 2001].

Relacionando-se a este cenário, a ontologia sobre Aplicativos Web ganha relevância, proporcionando uma estrutura conceitual robusta para compreender as complexidades dessas tecnologias. Ao empregar conceitos ontológicos, como classes, propriedades e relações, é possível modelar de forma precisa os elementos essenciais dos aplicativos web. Essa representação formal não apenas proporciona uma compreensão mais clara, mas também estabelece uma base sólida para o desenvolvimento, a manutenção e a integração de aplicativos web em diversos contextos.

Ao utilizar a ontologia para Aplicativos Web, não só se obtém uma compreensão aprofundada da estrutura dessas aplicações, mas também se promove a interoperabilidade e a troca eficiente de informações entre sistemas, conforme apontado por [Gómez-Pérez and Corcho 2002]. Assim, a ontologia atua como uma ferramenta valiosa na construção de um conhecimento compartilhado sobre aplicativos web, beneficiando pesquisadores, desenvolvedores e usuários na exploração contínua desse campo em constante evolução.

3. Metodologia

Para guiar o desenvolvimento da ontologia neste projeto, adotou-se o método "Ontology Development 101" proposto por Noy e McGuinness (2001) (Figura 1). Essa escolha fundamenta-se na abordagem prática e acessível do método, especialmente direcionada a iniciantes no desenvolvimento de ontologias.

A ontologia construída neste trabalho abrange o domínio específico relacionado ao aplicativo web em questão. O escopo inclui as entidades, conceitos e relações pertinentes ao funcionamento, interações e informações essenciais para o contexto desse aplicativo.

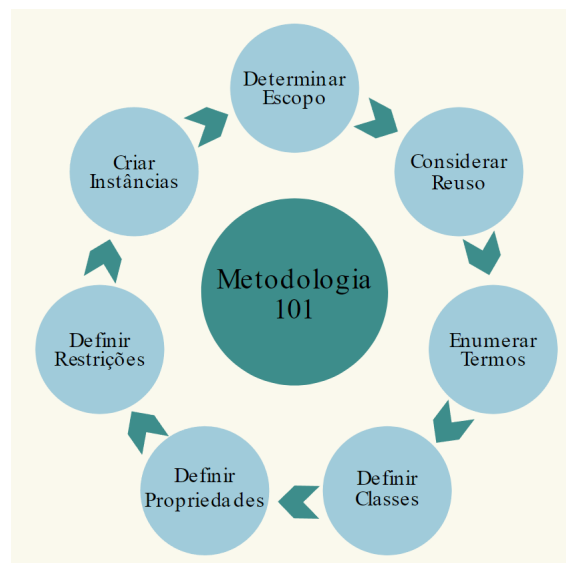


Figura 1. Etapas da metodologia 101

O desenvolvimento da ontologia para o aplicativo web foi feita utilizando a linguagem OWL (Web Ontology Language) aplicada de maneira prática e eficaz por meio do Onto4AllEditor versão beta 4.2.0, ferramenta desenvolvida pelo grupo de pesquisa OntoForInfoScience da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Veja a ontologia criada no Onto4AllEditor na (Figura 2). A ontologia precisou ser aprimorada no software Protégé na versão 5.6.3 por ser um aplicativo mais robusto e apropriado para criação de ontologias mais complexas, diferente do aplicativo Onto4AllEditor que permite criar somente ontologias simples.

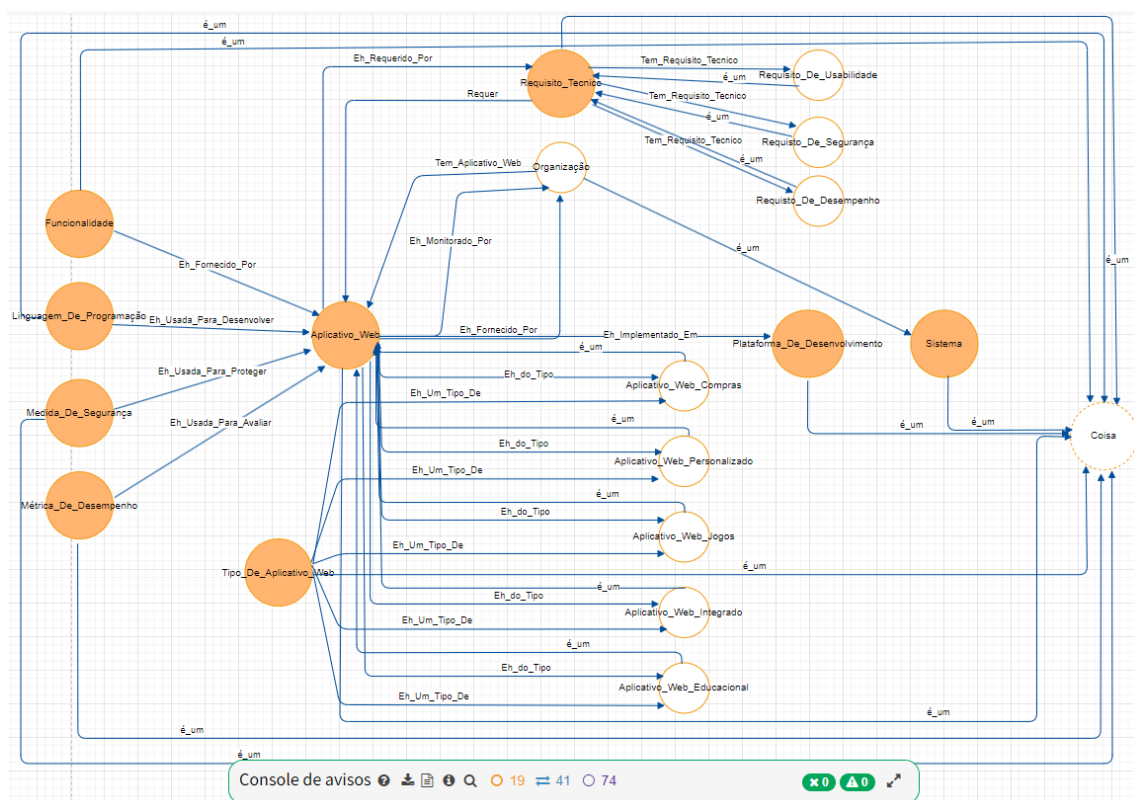


Figura 2. Classes, subclasses e relações criadas no Onto4AllEditor

No aplicativo Onto4AllEditor, foram criadas apenas as classes, subclasses e suas relações, a fim de facilitar a visualização e construção da Ontologia Base, utilizando o artigo de [MENDONÇA et al. 2021] como base para a utilização do aplicativo. Após essa etapa, o projeto ontológico foi exportado no formato .OWL para ser concluído no software Protégé, onde foram criadas as propriedades de dados, objetos, instâncias e inferências. As figuras 3, 4, 5 e 7 mostram a ontologia sendo desenvolvida já no software Protégé, e as árvores representadas nas figuras 3 e 7 foram geradas no próprio Protégé em uma ferramenta chamada OntoGraf para melhor visualização da ontologia criada.

A ontologia será utilizada como uma estrutura conceitual fundamental para enriquecer a compreensão e a manipulação de dados dentro do aplicativo web. Seu propósito principal é oferecer uma representação semântica clara dos elementos do domínio, facilitando a organização, busca e recuperação de informações.

3.1. Definição das classes

Após delimitar o âmbito abrangido pela ontologia, foram estabelecidas 10 classes principais e 9 subclasses. Destaca-se que a classe Aplicativo Web desempenha um papel central nessa ontologia, estabelecendo conexões com a maioria das outras classes. A hierarquia de classes e suas interrelações pode ser observada na (Figura 3).

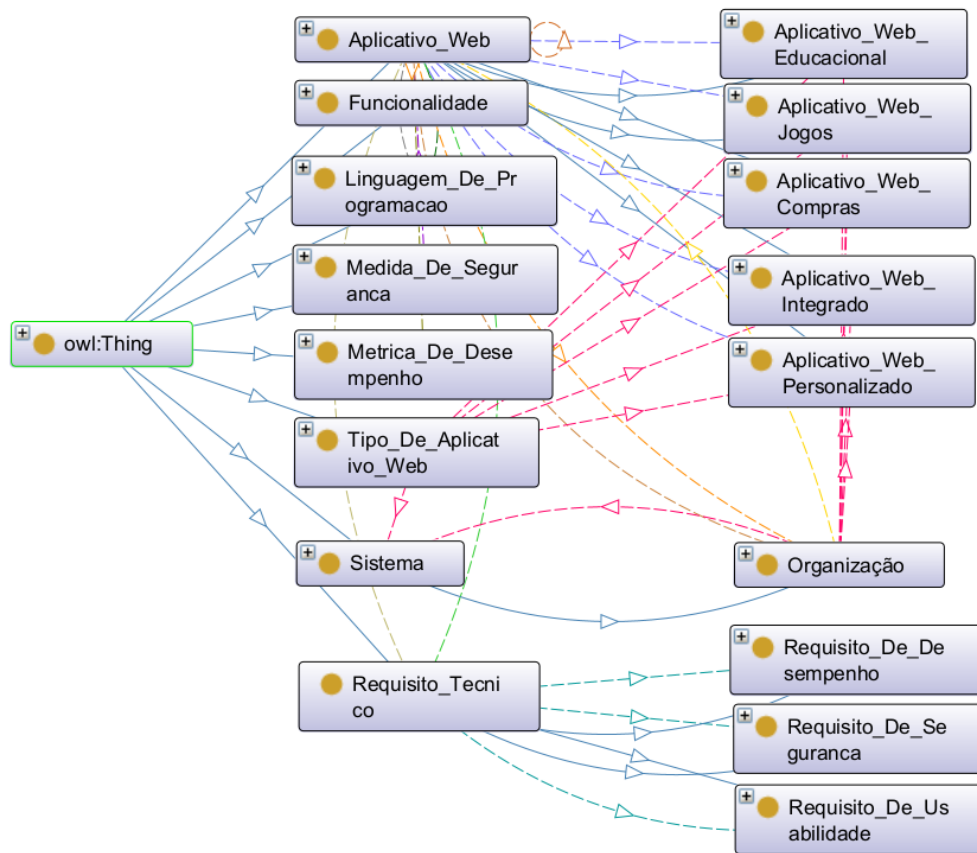


Figura 3. Hierarquia e associações entre as classes

3.2. Definição das propriedades

Foram criadas propriedades para as classes definidas. Essas propriedades são divididas em propriedades de dados (Figura 4) e propriedades de objetos (Figura 5). As propriedades de dados são responsáveis por armazenar informações referentes a classes instanciadas, algumas são utilizadas somente por uma classe como por exemplo: *Data De Lançamento*, *Desenvolvedores*, *Linguagem*, *Plataforma De Desenvolvimento*, *Publico Alvo*, *Url*, *Usuários* e *Versão* são utilizadas somente pela classe *Aplicativo Web*. Já as propriedades *Nome* e *Descrição* são reaproveitadas nas seguintes classes: *Aplicativo Web*, *Plataforma De Desenvolvimento*, *Tipo De Aplicativo Web*, *Metrica De Desempenho*, *Linguagem De Programação*, *Requisito Tecnico*, e *Funcionalidade*.

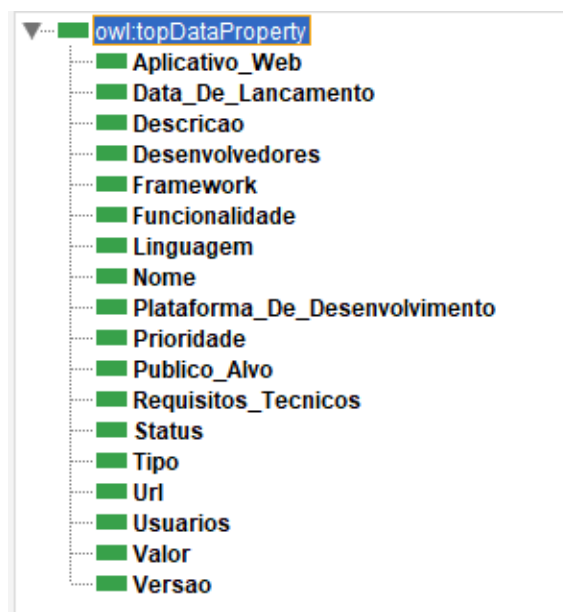


Figura 4. Lista de propriedades de dados relacionadas às classes

No total foram criadas 18 propriedades de objetos responsáveis por conectar as classes definidas anteriormente. Em sua maioria as propriedades conectam a classe principal *Aplicativo Web* com o restante, fato que pode ser observado na (Figura 5). Algumas das propriedades possuem propriedade inversamente correspondente, como por exemplo as propriedades *Eh Desenvolvido Em* e *Eh Usada Para Desenvolver*.

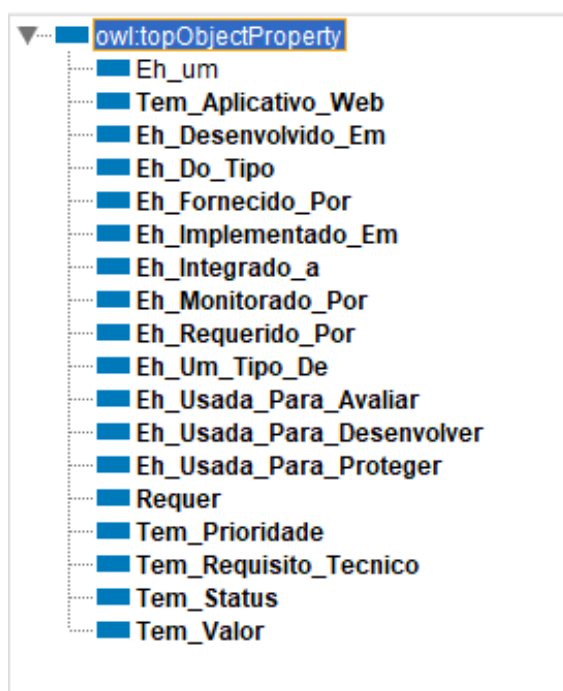


Figura 5. Lista de propriedades de objeto relacionadas às classes

3.3. Regras de Inferência

Empregando a linguagem SWRL, estabeleceram-se regras de inferência com o propósito de aprimorar a capacidade da ontologia em derivar conhecimentos no âmbito de aplicativos web. No conjunto, foram desenvolvidas cinco regras de inferência. As seguintes regras incorporam as inferências lógicas estabelecidas previamente:

Tabela 1. Listagem de regras de inferências da ontologia

$\text{Aplicativo_Web(?app)} \wedge \text{Eh_Fornecido_Por(?func, ?app)} \rightarrow \text{Requer(?app, ?func)}$
$\text{Aplicativo_Web(?app)} \wedge \text{Monitorado_Por(?metric, ?app)} \rightarrow \text{Tem_Valor(?app, ?metric)}$
$\text{Aplicativo_Web(?app)} \wedge \text{Eh_Implementada_Em(?securityMeasure, ?app)} \rightarrow \text{Eh_Usado_Para_Proteger(?app, ?securityMeasure)}$
$\text{Aplicativo_Web(?app)} \wedge \text{Eh_Requerido_Por(?requirement, ?app)} \rightarrow \text{Tem_Requisito_Tecnico(?app, ?requirement)}$

A interpretação de cada regras pode ser analisada como:

(I) Se uma funcionalidade é fornecida por um aplicativo web, então o aplicativo web requer essa funcionalidade.

(II) Se uma métrica de desempenho é monitorada por um aplicativo web, então o aplicativo web deve atingir esse valor.

(III) Se uma medida de segurança é implementada em um aplicativo web, então o aplicativo web deve atender a essa medida.

(IV) Se um requisito técnico é requerido por um aplicativo web, então o aplicativo web deve atender a esse requisito.

Após a criação das valiosas inferências na ontologia de Aplicativos Web, utilizou-se a poderosa ferramenta SWRLTab, integrada ao ambiente Protégé, para efetuar o processamento dessas inferências. Com a adição das quatro regras elaboradas, as informações foram cuidadosamente carregadas e, ao serem interpretadas pelo SWRL, o painel de controle revelou, de maneira elucidativa, a inferência de 336 axiomas, como pode ser observado na Figura 6. Esse resultado evidencia a aplicação eficaz das regras, enriquecendo a ontologia com um conjunto significativo de axiomas que ampliam substancialmente o conhecimento sobre requisitos técnicos, medidas de segurança, métricas de desempenho e funcionalidades associadas aos Aplicativos Web.

Active ontology × Entities × Individuals by class × SWRLTab × OntoGraf ×			
	Name	Rule	Comment
✓	Aplicativo Requer Funcio...	autogen0:Aplicativo_Web(?app) ^ autogen0:Eh_Fornecido_Por(?func, ?app) -> autogen0:Requer(?a...	Se uma funcionalidade é fornecida...
✓	Aplicativo Web atende ao ...	autogen0:Aplicativo_Web(?app) ^ autogen0:Eh_Requerido_Por(?requirement, ?app) -> autogen0:Te...	Se um requisito técnico é requerid...
✓	Aplicativo Web atinge Valor	autogen0:Aplicativo_Web(?app) ^ autogen0:Eh_Monitorado_Por(?metric, ?app) -> autogen0:Tem_Va...	Se uma métrica de desempenho é...
✓	Aplicativo web deve atend...	autogen0:Aplicativo_Web(?app) ^ autogen0:Eh_Implementado_Em(?securityMeasure, ?app) -> auto...	e uma medida de segurança é im...

New	Edit	Clone	Delete
-----	------	-------	--------

Control	Rules	Asserted Axioms	Inferred Axioms	OWL 2 RL
---------	-------	-----------------	-----------------	----------

OWL axioms successfully transferred to rule engine.
 Number of SWRL rules exported to rule engine: 4
 Number of OWL class declarations exported to rule engine: 18
 Number of OWL individual declarations exported to rule engine: 90
 Number of OWL object property declarations exported to rule engine: 19
 Number of OWL data property declarations exported to rule engine: 19
 Total number of OWL axioms exported to rule engine: 1147
 The transfer took 2031 millisecond(s).
 Press the 'Run Drools' button to run the rule engine.
 Successful execution of rule engine.
 Number of inferred axioms: 336
 The process took 250 millisecond(s).
 Look at the 'Inferred Axioms' tab to see the inferred axioms.
 Press the 'Drools->OWL' button to translate the inferred axioms to OWL knowledge.
 Successfully transferred inferred axioms to OWL model.
 The process took 32 millisecond(s).

Figura 6. Visão geral das inferências geradas no SWRLTab

Posteriormente, essas inferências foram cuidadosamente integradas ao modelo OWL da ontologia. Essa etapa é crucial para consolidar as inferências no conjunto mais amplo de conhecimentos da ontologia, promovendo uma representação ainda mais rica e precisa do domínio de Aplicativos Web. A incorporação dessas inferências ao modelo OWL não apenas fortalece a base conceitual da ontologia, mas também potencializa sua capacidade de representar de maneira detalhada as complexas relações e exigências que permeiam os Aplicativos Web. Essa abordagem refinada contribui para a robustez, coerência e relevância contínua da ontologia, posicionando-a como uma ferramenta valiosa para compreensão e análise aprofundada desse domínio dinâmico e em constante evolução. As regras SWRL aprimoram a ontologia, permitindo que ela automaticamente deduza relações adicionais e conhecimentos a partir das relações já definidas, contribuindo para uma ontologia mais dinâmica e adaptável ao contexto de aplicativos web.

3.4. Ontologia gerada

A fim de enriquecer a ontologia, foi recorrido a informações técnicas de Aplicativos Web vista na metodologia do artigo Metodologias de Desenvolvimento para Aplicações Web de [VIEIRA 2022] e também geradas por um sistema de inteligência artificial denominado

A característica colaborativa do Onto4AllEditor permite que diversas pessoas trabalhem simultaneamente na ontologia. A colaboração em equipe acelera o desenvolvimento do conhecimento ontológico, enquanto as atualizações serão realizadas conforme novas demandas, mudanças no aplicativo ou evolução do domínio.

Ao seguir o método "Ontology Development 101" e aplicar a ontologia através do Onto4AllEditor, busca-se não apenas criar uma representação semântica eficaz do domínio do aplicativo web, mas também garantir a acessibilidade e colaboração contínua para manter a relevância da ontologia ao longo do tempo. Essa metodologia robusta visa atender às necessidades práticas do projeto, promovendo a eficiência e a eficácia na representação do conhecimento.

4. Conclusão

Em resumo, a criação da ontologia para Aplicativos Web emerge como um marco fundamental na compreensão e otimização dessas tecnologias cruciais na era digital. [Gruber 1993] destaca que a ontologia, ao formalizar conceitos e relações em um domínio específico, estabelece bases sólidas para o desenvolvimento progressivo dos aplicativos web. A clareza proporcionada pela representação semântica, aliada às inferências lógicas, robustece consideravelmente a ontologia, conferindo-lhe dinamismo e adaptabilidade, conforme ressaltado por [Noy and McGuinness 2001].

Esta abordagem não apenas simplifica a compreensão e manipulação de dados, mas também pavimenta o caminho para inovações contínuas, ecoando a visão de [Berners-Lee et al. 2001] sobre a World Wide Web como um espaço onde "todos têm uma voz". Ao incorporar conceitos ontológicos, como classes, propriedades e relações, torna-se possível modelar com precisão os elementos essenciais dos aplicativos web, promovendo não apenas eficiência operacional, mas também mantendo a relevância diante das exigências em constante evolução do vasto universo digital.

A utilização da ontologia para Aplicativos Web não apenas proporciona uma compreensão mais profunda da estrutura dessas aplicações, mas também fomenta a interoperabilidade e a eficaz troca de informações entre sistemas, conforme destacado por [Gómez-Pérez and Corcho 2002]. Dessa forma, a ontologia age como uma ferramenta essencial na construção de um conhecimento compartilhado sobre aplicativos web, beneficiando pesquisadores, desenvolvedores e usuários na exploração contínua deste campo em constante evolução.

Em última análise, a implementação da ontologia revela-se como um pilar crucial para o futuro dos aplicativos web, fornecendo uma base sólida para inovações e aprimoramentos contínuos. Ao seguir esta abordagem, não apenas simplificamos as complexidades inerentes aos aplicativos web, mas também contribuímos significativamente para a eficiência e relevância dessas aplicações na era digital em constante transformação.

Referências

- Berners-Lee, T., Hendler, J., and Lassila, O. (2001). The semantic web. *Scientific American*, 284(5):34–43.
- Gates, B. Brainyquote. <https://www.brainyquote.com/>, Acessado em Dezembro/2023.
- Google. Bard chat bot. <https://bard.google.com/chat>, Acessado em Dezembro/2023.

- Gruber, T. R. (1993). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. *International Journal of Human-Computer Studies*, 43(5-6):907–928.
- Gómez-Pérez, A. and Corcho, O. (2002). Ontology languages for the semantic web. *IEEE Intelligent Systems*, 17(1):54–60.
- Jobs, S. Brainyquote. <https://www.brainyquote.com/>, Acessado em Dezembro/2023.
- MENDONÇA, F. M., P., C. L., SOUZA, J. F., B., A. M., and FELIPE, E. R. (2021). Onto4allditor: um editor web gráfico para construção de ontologias por todos os tipos de usuários da informação.
- Noy, N. F. and McGuinness, D. L. (2001). Ontology development 101: A guide to creating your first ontology. Technical Report KSL-01-05, Stanford Knowledge Systems Laboratory.
- VIEIRA, V. J. S. (2022). *Metodologias de Desenvolvimento para Aplicações Web*.
- Winckler, M. and Pimenta, M. S. (2002). Engineering interactive computer systems for mental health issues. In *Proceedings of the 2002 International Conference on Multimodal Interfaces*, pages 147–153. ACM.