

Aplicação de Ontologias para Representação de Conhecimento em Ambientes da SIoT - uma Revisão de Literatura

José Felipe M.Pauletti¹, Ana Marilza Pernas¹, Leandro Camargo², Adenauer Yamin¹

¹Programa de Pós-Graduação em Computação (PPGC)
Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – Pelotas – RS – Brazil

²Departamento de Ensino Pesquisa e Extensão (DEPEX)
Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul) – Bagé, RS – Brazil

{jfmppauletti,marilza,leandro.camargo,adenauer}@inf.ufpel.edu.br

Abstract. *This paper describes the steps for conducting a Systematic Literature Review, which aimed to search for works focusing on the application and development of ontologies for managing friendships in the Social Internet of Things and defining service rules consistent with the execution of these environments. The search for related works was conducted in five scientific databases, namely IEEE, ACM, Scopus, Springer, and Web of Science. In the end, the five most pertinent works to answer the research questions are presented, outlining their characteristics based on the evaluation criteria identified as most relevant.*

Resumo. *Este trabalho descreve os passos para a realização de uma Revisão Sistemática de Literatura, a qual objetivou buscar trabalhos com foco na aplicação e no desenvolvimento de ontologias para o gerenciamento de relacionamentos na Internet das Coisas Social e na definição de regras de serviços condizentes com a execução destes ambiente. A busca por trabalhos relacionados foi feita em cinco base de dados científicas, sendo elas IEEE, ACM, Scopus, Springer e Web of Science. Ao final são apresentados os cinco trabalhos mais oportunos para resposta às questões de pesquisa, apresentando suas características com base nos critérios de avaliação identificados como mais relevantes.*

1. Introdução

A concepção e a popularização da *Internet of Things* (IoT, em português, Internet das Coisas) trouxe uma realidade em que dispositivos recebem e enviam dados continuamente, empregando diferentes redes de comunicação. Esse tráfego de dados ocorre para disponibilização de serviços aos usuários, os quais tem suas tarefas do dia a dia facilitadas pela atuação dos dispositivos, que acabam por apresentar comportamento "inteligente" frente as tarefas que executam e aos serviços de disponibilizam.

A *Social Internet of Things* (SIoT, no português, Internet das Coisas Social) é um paradigma no qual os objetos podem construir suas próprias associações sociais de forma autônoma, sem a intervenção humana. Neste paradigma, os objetos tentam imitar o comportamento humano enquanto estabelecem relacionamentos, para assim construir um ambiente parecido com uma rede social [Gulati and Kaur 2019]. Uma rede social de objetos é criada a partir de dispositivos heterogêneos por meio de suas interações,

estabelecendo relacionamentos para alcançar objetivos de prestação de serviço em comum [Mohana et al. 2022].

Na medida em que as tecnologias que viabilizam a IoT ficam mais populares, tem-se um aumento na diversidade dos tipos de dispositivos capazes de se conectar. Isto exige com que a rede específica na qual estes dispositivos estão ativos precise apresentar capacidade de diferenciá-los e, por consequência, prover suporte a interoperação entre os mesmos.

Isso se torna um desafio, pois cada dispositivo tem sua própria assinatura digital, características e formas de atuação, seja como sensor ou como atuador. Desafios decorrentes seriam: a forma de se realizar buscas por objetos; manutenção da segurança do ambiente; criação de comunidades para esses objetos; e forma de se estabelecer relações entre eles [Malekshahi Rad et al. 2020]. Na tentativa de solucionar esses problemas para a definição e o gerenciamento de um ambiente na SIoT, alguns autores investigam o uso de ontologias [Guarino 1998], as quais podem auxiliar trazendo uma solução mais flexível e rica para modelagem e representação dos dados dos objetos e dos ambientes, facilitando a identificação e o gerenciamento dos relacionamentos entre os dispositivos, bem como dos serviços providos pelos mesmos. A gerência dos relacionamentos consiste da identificação dos objetos e como eles se relacionam, assim como pela análise do comportamento de um objeto.

Este artigo realiza uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para encontrar trabalhos com o foco na aplicação e desenvolvimento de ontologias para o gerenciamento dos relacionamentos entre dispositivos que coexistem em um ambiente de SIoT. Além de modelar esses relacionamentos, buscam-se trabalhos que apliquem ontologias, ou vocabulários semânticos, para gestão de regras de negócios aplicadas à recomendação de recursos.

Visando apresentar a RSL desenvolvida, o presente artigo está organizado em 7 capítulos. Nos Capítulos 2 e 3 é construída a RSL, montando a *string* de busca, com base nos sinônimos, e as questões de pesquisa que norteiam o trabalho. No Capítulo 4 são apresentados os critérios de inclusão e exclusão usados para filtragem dos artigos obtidos nas bases de dados científicas, assim como os critérios de qualidade usados para pontuação final dos artigos filtrados. Os artigos finais selecionados são detalhados no Capítulo 5, e sua análise para resposta às questões de pesquisa é apresentada no Capítulo 6. O trabalho finaliza no Capítulo 7, com as conclusões e os trabalhos futuros identificados ao final da pesquisa.

2. Metodologia de Desenvolvimento

A Revisão Sistemática de Literatura (RSL) identifica um protocolo a ser seguido, visando coletar e sintetizar pesquisas existentes em uma determinada área ou subárea. Para a RSL desenvolvida, optou-se pelo protocolo proposto por Kitchenham [Kitchenham 2004], o qual estabelece passos e critérios a serem seguidos em uma RSL. Para a elaboração dessa RSL, foi utilizada a plataforma Parsifal¹ que visa auxiliar na construção e na elaboração de uma RSL. No Parsifal é possível realizar quase todos os passos necessários para a elaboração de uma RSL.

¹<https://parsif.al/>

A RSL foi realizada por pesquisadores, durante o período de 7 de agosto de 2023 até 8 de dezembro de 2023. A primeira etapa na realização de uma RSL é a definição das Questões de Pesquisa. Para esta elaboração, foram definidas duas questões de pesquisa principais, sendo elas:

Q1 - Existem ontologias para gestão dos relacionamentos entre dispositivos em uma SIoT?

Q2 - Existem infraestruturas para SIoT que explorem o uso de ontologias para gestão das regras de negócio aplicadas à recomendação de recursos?

3. Busca e Obtenção dos Artigos

Definidas as questões de pesquisa, passa-se para as etapas de busca e obtenção dos artigos a serem avaliados. A pesquisa pelos artigos correlatos foi realizada em 5 bases de dados, disponíveis através do CAPES CAFE², sendo elas: *Association for Computing Machinery (ACM)*³, *Institute of Electrical and Electronics Engineers*⁴ (IEEE), Scopus⁵, Springer⁶ e Web of Science⁷. A expressão de busca foi construída utilizando-se as palavras-chave e os seus sinônimos, possibilitando avaliar a assertividade quanto aos artigos selecionados em cada buscador. A Tabela 1 destaca algumas destas palavras e os respectivos sinônimos adotados na pesquisa.

Tabela 1. Palavras-chave e sinônimos

Palavra-Chave	Sinônimos
IoT	Internet of Things
Ontolog*	Vocabulary Semantic
Relationship	Management
SIoT	Social Internet of Things Social IoT
Social Friends	Relationship

As palavras-chave e seus sinônimos foram utilizados na composição de diferentes *strings* de busca, utilizadas na fase de validação, conforme pode ser visto em detalhes no trabalho completo desenvolvido⁸. Contudo, a *string* de busca que apresentou melhor resposta é descrita a seguir:

(“ontology”OR “ontologies”OR “semantic”) AND (“social internet of things” OR “SIoT”OR social IoT”).

Definida a *string*, foi necessário estabelecer o período de publicação dos artigos correlatos. Os artigos foram obtidos das bibliotecas mencionadas e adicionados ao Parsifal, o qual gera um gráfico de artigos por ano, apresentado na Figura 1. Neste gráfico, observou-se um pico de artigos no ano de 2022, sendo assim, optou-se na pesquisa em

²<https://www-periodicos-capes-gov-br.ezl.periodicos.capes.gov.br/index.php/acesso-cafe.html>

³<https://dl.acm.org/>

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

⁵<https://www.scopus.com/home.uri>

⁶<https://link.springer.com/>

⁷<https://clarivate.com/>

⁸<https://tinyurl.com/48uwk2h8>

considerar os artigos datados de 2017 até julho de 2023. Além desse critério, foram adicionados filtros específicos de cada base de dados, para que somente artigos de periódicos ou conferências fossem selecionados.

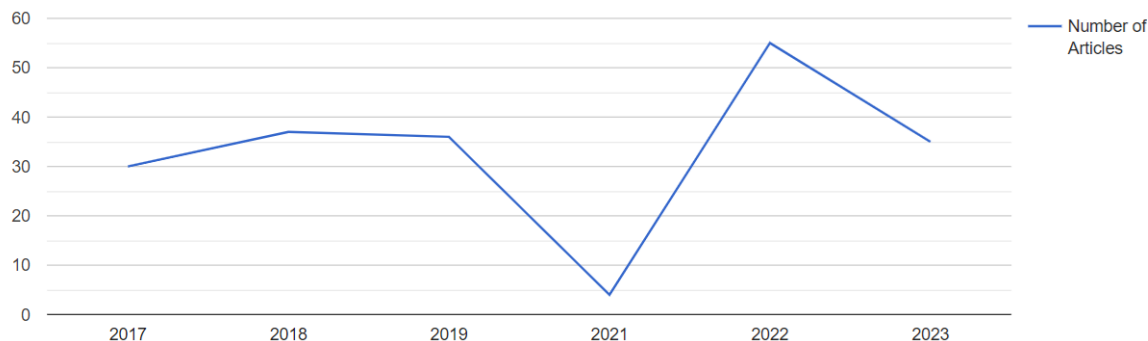


Figura 1. Recorte do número de artigos publicados na área de pesquisa

No total, foram encontrados 1678 artigos correspondentes nas bases de dados, sendo sua maioria na Springer, chegando a 1550 artigos. Para uma pesquisa mais especializada e atendendo a alguns dos critérios de inclusão e exclusão, foram utilizados filtros de busca avançada. Esses filtros, apresentados no Capítulo 4, permitem serem escolhidos artigos pelo ano de publicação e tipo de artigo.

4. Seleção dos Artigos

Após a obtenção, parte-se para a etapa de seleção e filtro destes artigos. Nesta etapa são selecionados os artigos a serem lidos, assim como sua classificação de forma que seja possível uma avaliação futura. Para isso, alguns critérios de inclusão e de exclusão são utilizados, os quais contribuem para uma seleção mais refinada. Os artigos devem atender estes critérios estabelecidos para serem aceitos. Os critérios de inclusão definidos são: (i) artigos completos; (ii) artigos publicados de 2017 em diante; (iii) artigos de periódicos ou conferências; (iv) artigos que exploram modelos semânticos na IoT ou SIoT; (v) artigos que propõem o uso de ontologias na área de IoT ou SIoT; (vi) artigos sobre gerência de relacionamentos entre dispositivos na SIoT.

Os critérios de exclusão auxiliam na filtragem e melhoram os resultados da pesquisa, considerando os seguintes aspectos: (i) artigos duplicados; (ii) artigos publicados antes de 2017; (iii) artigos do tipo *survey* ou revisão de área; (iv) artigos que não estão no contexto de IoT ou SIoT; (v) artigos que não propõem uso de ontologias ou modelos semânticos; (vi) resumos e resumos expandidos.

4.1. Aplicando os critérios de inclusão e exclusão

Com base nos critérios de inclusão e exclusão apresentados, foi feita uma primeira análise dos artigos, com base apenas nos títulos, resumos e palavras-chave. Isto é importante para definir se ele permanecerá na pesquisa e se será obtido integralmente para leitura ou não.

A Tabela 2 apresenta a distribuição dos artigos selecionados, considerando cada um dos repositórios de dados científicos adotados nesta pesquisa. Observa-se um valor discrepante na Springer, possivelmente pela abrangência que tem em outros domínios do conhecimento, somado as limitações do filtro de área do seu motor de busca.

Tabela 2. Relação entre artigos selecionados e aceitos em cada base de dados

Base de Dados	Selecionados	Aceitos
ACM	20	4
IEEE	21	2
Scopus	48	5
Springer	1550	14
Web of Science	39	5

Com o auxílio do Parsifal é possível também realizar uma busca por artigos duplicados, permitindo a exclusão de sua cópia. Ao realizar essa busca, foram encontrados 73 artigos duplicados. Esses artigos não necessariamente são da mesma base de dados. Para os artigos duplicados, eles são rejeitados e classificados como duplicados e somente 1 versão do artigo permanece para a leitura. Além de trabalhos duplicados, foram também retirados artigos com marca de retratação, isto é, que haviam sido retirados de suas publicações originais.

4.2. Avaliação de qualidade

Após a definição dos artigos aceitos, o próximo passo é uma análise qualitativa destes artigos. Na avaliação qualitativa são definidos critérios mais específicos, para pontuar e definir notas para cada um dos artigos. Artigos melhor pontuados representam aqueles mais relacionados ao tema, que respondem melhor às questões de pesquisa definidas. O ranqueamento definido com base nas notas dos artigos serve também para criação de uma nota de corte, que serve como filtro para definição final dos artigos mais relacionados.

Para isso, foram definidos 9 critérios de qualidade, sendo eles:

- A. Contém alguma ontologia?
- B. Apresenta proposta de regras para gestão de ambiente?
- C. Contém gerenciamento de regras de serviços?
- D. A metodologia é bem apresentada?
- E. Apresenta os passos metodológicos para criação da ontologia?
- F. Apresenta uma justificativa para o uso dessa ontologia?
- G. Utiliza reuso de outras ontologias?
- H. Confronta ou compara a ontologia proposta com outras ontologias voltadas para IoT ou SIoT?
- I. Contém alguma ontologia aplicado a gestão dos relacionamentos entre dispositivos?

Cada um dos 9 itens foi analisado utilizando uma adaptação da escala Likert, para destacar a importância de um tópico. Nesta adaptação, considerou-se uma variação de 0 até 1, definida da seguinte forma:

- *Muito Importante* - 1 ponto;
- *Importante* - 0.75 ponto;
- *Moderado* - 0.5 ponto;
- *Pouco Importante* - 0.25 ponto;
- *Não Importante* - 0 ponto.

Após essa definição foi necessária a leitura integral dos 30 artigos aceitos. Entretanto, 9 deles não estavam disponíveis para acesso via CAPES CAFE, sendo este um impeditivo para a sua leitura. Esses artigos foram classificados com nota 0.

5. Resultados e Discussão dos Artigos Selecionados

Ao terminar a avaliação dos artigos selecionados, foi definida a nota 5 como nota de corte para seleção final. Optou-se pela nota 5 porque artigos com notas menores apresentavam escopo mais geral em relação às áreas de IoT e SIoT, não sendo tão relevantes para resposta às questões de pesquisa. A Tabela 3 mostra os artigos que obtiveram nota final superior a 5, sendo apresentados em ordem de nota obtida.

Tabela 3. Artigos aprovados pela nota de corte

Artigo	Nota
[Bouazza et al. 2022]	7
[Pliatsios et al. 2023]	7
[Choi and Rhee 2018]	5,25
[Ali et al. 2018]	5
[Lakshmi et al. 2022]	5

No trabalho de [Pliatsios et al. 2023] é proposto um *Middleware* da Rede Social Semântica das Coisas (S2NetM), que utiliza as relações sociais para melhorar a interoperabilidade semântica em sistemas. A principal contribuição do trabalho é a especificação do S2NetM e de uma ontologia associada, com um estudo demonstrando a sua eficácia. Utiliza de um Gerenciamento de Contexto (CM) que coleta, processa e analisa dados de dispositivos IoT e outras fontes para fornecer serviços sensíveis ao contexto. O CM trabalha com motores semânticos a fim de criar uma visão unificada de um sistema SIoT.

O sistema conta com um módulo responsável pela gestão dos relacionamentos entre os usuários e dispositivos, utilizando de técnicas de redes sociais, podendo fornecer serviços personalizados ao usuário e dispositivos, resultando em interações mais inteligentes e eficientes. A metodologia de desenvolvimento mostra a especificação e a categorização de cada parte do sistema, além da criação da ontologia e seus componentes. Para a criação desse motor semântico foram reutilizadas ontologias como FOAF⁹ (Friend Of A Friend), SSN¹⁰ (Semantic Sensor Network) e IoT-lite¹¹.

Para analisar e verificar o desempenho foram estabelecidas métricas, como tempo de cálculo de configuração, atraso no processamento de solicitações e o uso de memória do sistema. Não foram utilizadas outras ontologias e modelos para comparação. Ao final, os autores concluem que o S2NetM proposto atende às necessidades como a interoperabilidade semântica entre as diversas entidades, aplicações e redes que compõem o sistema, de forma que aproveita as tecnologias semânticas para estabelecer e aprimorar relações sociais entre entidades. Como trabalho futuro, os autores desejam aprimorar o que já foi estabelecido e integrar técnicas de aprendizagem de máquina para aprimoramento dos mecanismos de alinhamento de ontologias.

⁹<https://pt.wikipedia.org/wiki/FOAF>

¹⁰<https://www.w3.org/2005/Incubator/ssn/ssnx/ssn>

¹¹<https://www.w3.org/submissions/iot-lite/>

No trabalho de [Choi and Rhee 2018] os autores propõem um sistema para gestão de confiança e o modelo *Trusted Resource Sharing* (TRS, em português, Compartilhamento de Recursos Confiáveis), o qual descreve relacionamento, perfil de relacionamento e informações de uso entre o dispositivo e o usuário. A proposta é implementada com uso de uma ontologia fácil de expandir e modificar, pois o perfil do elemento e dos relacionamentos são dinâmicos e diversificados.

O gerenciamento de serviços utilizado é conectado a trabalhos anteriores dos autores, denominado Metadados entre Domínios (CDM). Neste são criadas estruturas em grafos para representação do ambiente SIoT, assim como sua integração à metadados de recursos de diversos serviços e domínio com estruturas comuns.

Os autores não detalham o processo de criação da ontologia, assim como não determinam se houve reuso de outras ontologias. No trabalho, apresentam gráfico com algumas instanciações, porém deixam a entender que para cada teste é necessário criar uma nova instanciação para os dados necessários. Para o desenvolvimento da ontologia, utilizam Apache Jena e servidor SPARQL para as consultas. Detalhes são mais evidentes na determinação da gestão de confiança, sendo feitos testes com base em dados sintéticos. Nestes, o modelo pôde realizar o seu objetivo inicial de descrição dos relacionamentos, dos perfis de confiança e das informações sobre usuários e recursos.

No trabalho de [Ali et al. 2018] os autores propõem uma arquitetura que fornece uma base para o desenvolvimento de microsserviços leves baseados em objetos web socialmente conectados. Tem por objetivo descobrir objetos eficientemente e reduzir a complexidade dos processos de provisionamento de serviços. Para a realização das operações de serviço, foi desenvolvido um modelo de ontologia para os Objetos Virtuais e os Objetos Virtuais Compostos, essas ontologias são disponibilizadas na plataforma *Web of Objects* (WoO). Esta plataforma é usada para virtualização dos objetos e do ambiente, o qual utiliza modelos de relacionamento social e um agente social que obtém o perfil do usuário e detalhes de seus relacionamentos nas mídias sociais. A ontologia utilizada é criada pelos autores e disponibilizada na plataforma WoO. A explicação para o uso dessas ontologias é explicada vagamente no texto.

Os autores concluem que o modelo de relacionamento social permite uma descoberta eficiente de objetos e a redução da complexidade do processo de prestação de serviços. Com o modelo desenvolvido, os autores objetivam realizar uma interação social entre objetos heterogêneos.

No trabalho [Lakshmi et al. 2022] os autores propõem uma estrutura, chamada de OntoSSSO, para recomendar objetos inteligentes socialmente semelhantes aos usuários, incorporando inteligência semântica. A OntoSSSo é criada a partir de um híbrido, com a utilização de três ontologias, sendo elas: a SSN, uma ontologia padrão para descrever sensores, propriedades observadas e atuadores; a *Semantic Web technologies into Second Life* (semSL), uma ontologia para interações em redes sociais; e a ontologia *Semantic Sensor Network Ontology* (SOSA), que fornece uma especificação de uso geral para representar a interação entre os objetos envolvidos. Não são demonstradas regras para o gerenciamento de serviços.

A metodologia do trabalho é apresentada para entender a construção da estrutura e a justificar a escolha de todos os processos, mas não aprofunda seus componentes in-

ternos. A ontologia não é apresentada a sua forma agregada e híbrida final, apenas são apresentados alguns cálculos e explicação de cada ontologia.

Para a comparação são utilizados três modelos de sistemas, sendo eles Seleção de Relacionamento Baseada em Recomendação de Objeto (ORFS), Arquitetura e Recomendação Descentralizada Centrada no Ser Humano (HDAR) e Sistema de Recomendação de Serviço Baseado em Relacionamentos Sociais (SRSRS). São comparados a precisão, o *recall*, a porcentagem de medida de pertinência dos resultados e a taxa de falsos positivos renderizados pelo modelo. Ao utilizar esses modelos, o modelo da OntoSSSO apresenta uma maior precisão, um *recall* e pertinência maior e uma taxa de falsos positivos menor.

6. Análise das Questões de Pesquisa

Na elaboração da RSL foram determinadas 2 questões centrais de pesquisa, as quais nortearam todo o processo de revisão. A seguir, as perguntas são revistas e discutidas.

Q1 - Existem ontologias para gestão dos relacionamentos entre dispositivos em uma SIoT?

As ontologias propostas nos trabalhos lidos e classificados apresentaram foco na gestão de relacionamento, como o trabalho de [Pliatsios et al. 2023], o qual utilizou um módulo específico do seu *middleware* para a gestão dos relacionamentos. O trabalho de [Choi and Rhee 2018] mostra a gestão para os relacionamentos por uma ontologia definida. Já o trabalho de [Lakshmi et al. 2022] desenvolveu uma ontologia para gestão de relacionamento, onde a confiabilidade é um dos principais focos do trabalho. Já os demais trabalhos classificados utilizam ontologias já prontas e não tem o principal foco na gestão dos relacionamentos, mas sim na gestão do serviço.

Q2 - Existem infraestruturas para SIoT que explorem o uso de ontologias para gestão das regras de negócio aplicadas a recomendação de recursos?

Os trabalhos classificados trabalham com as regras de negócio, porém sua construção não é claramente explicada. Esses trabalhos focam na criação de uma ontologia para as regras de negócio, porém não mostram a sua construção e quais os impactos dessas regras criadas e aplicadas. Outro fator importante a se destacar é a falta de uma explicação mais abrangente no uso dessas regras, como o trabalho de [Pliatsios et al. 2023], no qual não apresenta as regras de negócio, porém são apresentados os métodos de serviços de descoberta e gestão de confiabilidade, recursos importantes e necessários para estabelecer boas regras de negócios. Isso se repete nos outros trabalhos, é mencionado o uso e estabelecido a sua importância, mas não são apresentadas essas regras de negócio. A exceção é o trabalho do [Choi and Rhee 2018] que tem foco na gestão de recursos, com o uso de ontologias e com um foco no relacionamento. Não ocorreu a comparação entre outras regras de serviços, os dados usados para testes foram gerados aleatoriamente e não foram disponibilizados, fazendo com que não seja possível uma comparação com esses dados.

7. Conclusão

Ao realizar uma RSL objetiva-se encontrar artigos relacionados às pesquisas sendo desenvolvidas, para encontrar subsídios que levem a resposta de uma ou mais questões de

pesquisa definidas. Neste trabalho o objetivo principal era encontrar ontologias focadas na gestão de relacionamentos entre dispositivos em uma SIoT, e que fossem também aplicadas como base para gestão de regras de serviço desses ambientes.

Para a construção dessa RSL, foi determinado um período para as publicações entre os anos de 2017 até 2023. Esses artigos foram selecionados em 5 base de dados científicas, bases essas que retornaram 1678 artigos por meio de seus motores de busca. Após uma primeira classificação, avaliados os critérios de inclusão e exclusão, os artigos passaram pela avaliação de qualidade, a qual foi aplicada a 21 de 30 artigos classificados. Na avaliação determinou-se uma nota de corte de 5. Alguns dos artigos encontrados e analisados apresentam conceitos, bem como ontologias, que corroboram para a construção de uma arquitetura SIoT.

Um problema encontrado é a falta da disponibilidade de arquivos importantes para a criação da ontologia e para a comprovação dos resultados, tendo a falta de *links* para repositórios (GitHub ou outros) e/ou locais de armazenamento de dados. Isso acaba por dificultar a expansão de trabalhos já realizados.

Com relação ao objetivo geral, que era de encontrar artigos como base para os trabalhos, estes foram encontrados parcialmente, tendo artigos que auxiliam na criação e explicação, mas sem os códigos para comparação e ontologias para execução.

A RSL desenvolvida permitiu observar a relevância da área de pesquisa no contexto SIoT e IoT, mostrando um crescimento na publicação de artigos nessa área. Com a popularização dos objetos inteligentes, se tornou necessário a construção de mecanismos que auxiliem na configuração e na organização de ambientes capazes de administrar esses dispositivos, devido a isso é possível encontrar diversos trabalhos para organizar esses ambientes. No intuito de contribuir com esta organização ambiental, um esforço inicial deste grupo de pesquisa, intitulado como abordagem VISO, combina metodologias para promover a fluidez na comunicação entre objetos e a estruturação do ambiente inteligente, oferecendo resultados promissores para a composição e a oferta de novos serviços em aplicações da Social IoT [Camargo et al. 2024].

Os trabalhos encontrados durante a RSL apresentam alguns modelos semânticos para a definição de regras de serviço e gerenciamento de relacionamento, porém não apresentam formas de realizar testes ou de reutilização desses modelos. Neste contexto é possível ver a necessidade da definição de um conjunto de vocabulários para a definição dessas regras de serviço e para o gerenciamento de relacionamentos. A RSL permitiu encontrar exemplos de ontologias que podem ser exploradas para a solução desse problema. Com o uso de ontologias é possível construir modelos que permitam raciocínio e inferência com base em um conjunto de regras adequadas às especificidades de cada cenário e abordagem.

Como trabalho futuro, objetiva-se a concepção de uma ontologia capaz de responder às questões de pesquisa e atender aos requisitos necessários a uma infraestrutura de SIoT, para permitir a gestão dos relacionamentos e a implementação das regras de negócio. Esta ontologia será construída com reuso de ontologias já estabelecidas e conhecidas, como algumas das citadas neste trabalho.

Referências

- Ali, S., Kibria, M. G., Jarwar, M. A., Lee, H. K., and Chong, I. (2018). A model of socially connected web objects for iot applications. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2018:1–20.
- Bouazza, H., Said, B., and Laallam, F. Z. (2022). A hybrid iot services recommender system using social iot. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 34(8):5633–5645.
- Camargo, L., Pauletti, J., Pernas, A., and Yamin, A. (2024). Viso approach: A socialization proposal for the internet of things objects. *Future Generation Computer Systems*, 150:326–340.
- Choi, H.-S. and Rhee, W.-S. (2018). Social based trust management system for resource sharing service. In *Proceedings of the 2nd international conference on intelligent systems, metaheuristics & swarm intelligence*, pages 148–152.
- Guarino, N. (1998). *Formal ontology in information systems: Proceedings of the first international conference (FOIS'98), June 6-8, Trento, Italy*, volume 46. IOS press.
- Gulati, N. and Kaur, P. D. (2019). When things become friends: a semantic perspective on the social internet of things. In *Smart Innovations in Communication and Computational Sciences: Proceedings of ICSICCS 2017, Volume 2*, pages 149–159. Springer.
- Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. *Keele, UK, Keele University*, 33(2004):1–26.
- Lakshmi, R. V., Deepak, G., Santhanavijayan, A., and Radha, S. (2022). Search for social smart objects constituting sensor ontology, social iot and social network interaction. In *2022 Sixth International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud)(I-SMAC)*, pages 60–65. IEEE.
- Malekshahi Rad, M., Rahmani, A. M., Sahafi, A., and Nasih Qader, N. (2020). Social internet of things: vision, challenges, and trends. *Human-centric Computing and Information Sciences*, 10(1):1–40.
- Mohana, S., Prakash, S. S., and Krinkin, K. (2022). Semantic rules for service discovery in social internet of things. In *2022 4th International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)*, pages 119–124. IEEE.
- Pliatsios, A., Lymperis, D., and Goumopoulos, C. (2023). S2netm: A semantic social network of things middleware for developing smart and collaborative iot-based solutions. *Future Internet*, 15(6):207.