

CoTaS@Home: Uma solução de provisionamento de contexto das coisas para casas inteligentes como um serviço

João G. A. Bradachi
joao.bradachi@ufv.br
Universidade Federal de Viçosa
Florestal, Minas Gerais

Henrique de S. Santana
henrique.s.santana@ufv.br
Universidade Federal de Viçosa
Florestal, Minas Gerais

Thais R. M. B. Silva
thais.braga@ufv.br
Universidade Federal de Viçosa
Florestal, Minas Gerais

Linnyer B. R. Aylon
lbruiz@uem.br
Universidade Estadual de Maringá
Maringá, Paraná

ABSTRACT

Internet of Things applications in smart environments rely on data from smart objects, particularly on the context of things. To provide the academic community with a service for context provisioning, this paper introduces CoTaS@Home. An architectural model for a Context-as-a-Service system is presented, along with its partial implementation through modeling and simulation. Furthermore, a smart home environment was established with five scenarios for metrics analysis. Preliminary results indicate that the absence of context management negatively impacts the complexity for applications to discover smart objects with the required profiles as well as the network's scalability.

KEYWORDS

Internet das Coisas, Consciência de Contexto, Casa Inteligente.

1 INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (IoT) pode ser conceitualmente vista como a interligação entre o mundo físico e o virtual, possibilitada pela conexão entre objetos com diferentes características e capacidades computacionais [2], frequentemente chamados na literatura de objetos inteligentes [7]. Ao estabelecerem contato direto entre si, tais objetos são capazes de proporcionar o aparecimento de aplicações de grande relevância, tais como a criação de cidades inteligentes, indústria 4.0, redes veiculares, dentre outras [10]. Em particular, um dos domínios de aplicações IoT já bastante explorado na literatura e, em certa medida, até mesmo pelo mercado atual, é aquele conhecido como casa inteligente [1]. Nele, frequentemente estão presentes uma grande quantidade de objetos inteligentes tais como eletrodomésticos, sensores, câmeras, robôs domésticos, dentre outros. Em conjunto eles formam o ambiente inteligente necessário para que diversas aplicações distintas possam ser executadas, tais como a monitoração de residentes, em particular, crianças e idosos, segurança patrimonial e otimização de recursos da casa.

Um grande desafio no desenvolvimento de soluções IoT é gerenciar o vasto volume de dados gerados pelos objetos conectados, uma vez que está prevista a presença de centenas a milhares

destes. Embora algumas pesquisas já tenham avançado o estado da arte em articular os desafios de comunicação e processamento de dados gerados pelos sensores acoplados nestes objetos, pouco ainda se tem feito quanto à questão da coleta e gerenciamento das informações que caracterizam objetos inteligentes, o que chamamos neste trabalho de Contexto das Coisas [11]. As aplicações que coexistem no mesmo ambiente de uma casa inteligente precisam conhecer os objetos disponíveis e suas características em um dado momento, bem como muitas vezes, compartilhá-los. Esta não é uma questão simples, visto que requer, primeiramente, o entendimento sobre quais são esses dados contextuais, como podem ser obtidos e representados. Em seguida, é necessária uma solução para gerenciar os contextos dos objetos inteligentes e seus perfis, bem como associá-los às aplicações que precisam utilizá-los. Considerando que o número de perfis contextuais a serem gerados e gerenciados nesse caso é alto, uma solução capaz de controlar essa complexidade e oferecer o acesso aos mesmos de forma eficiente torna-se útil. O formato "como um serviço" da proposta visa possibilitar um acesso padronizado para a mesma, além de facilitar sua disponibilização, tornando-a independente dos moradores das casas cujos objetos a utilizam. A implementação inicial realizada para o CoTaS@Home, cujos resultados estão descritos neste artigo visa apresentar seus módulos básicos e seu desempenho quando um grande número de objetos inteligentes e aplicações os utilizam.

Este artigo introduz CoTaS@Home (Context of Things as a Service at Home), uma solução de provisionamento de contexto das coisas para casas inteligentes como um serviço. Essa proposta, utilizando uma ontologia que descreve alguns dos principais contextos para uma variedade de objetos inteligentes encontrados no domínio de casas inteligentes, proporciona uma forma de coletar e gerenciar essas informações, permitindo que diferentes aplicações solicitem objetos de acordo com os perfis necessários.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma: a Seção 2 descreve alguns dos trabalhos relacionados encontrados na literatura. A descrição da arquitetura da solução CoTaS@Home, bem como sua implementação em uma ferramenta de simulação e alguns resultados preliminares já obtidos a partir da mesma podem ser encontrados nas Seções 3 e 4, respectivamente. Por fim, a Seção 5 traz as considerações finais que apontam para a continuidade pretendida para este trabalho.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Gerenciamento e provisionamento de contexto não são problemas novos na comunidade de pesquisa sobre IoT. Perera et al. [9] inicialmente analisam os desafios do crescente número de nós computacionais em aplicações IoT e identificam os requisitos funcionais que precisam ser abordados para solucioná-los. Com base nisso, propõem a CA4IoT, uma arquitetura de referência modularizada que visa ajudar aplicações e serviços a automatizar a seleção de contextos adequados de sensores, de acordo com suas tarefas de interesse, enviando-os, posteriormente, em um único fluxo de dados.

A ferramenta FIWARE [5] nasceu como um projeto de grande escala fomentado pela União Europeia em 2011 chamado "*Future Internet Public-Private Partnership*", tornando-se, posteriormente, em 2016, um produto. Atualmente, está presente em mais de 400 cidades e atua como um framework e um conjunto de APIs de código aberto para o desenvolvimento de soluções inteligentes em diversos setores, com ênfase especial em cidades inteligentes. Seu objetivo é padronizar a forma como os dados contextuais são coletados, gerenciados e compartilhados em ambientes complexos.

O trabalho de Hassani et al. [6] apresenta uma linguagem de consulta de contexto flexível e abrangente, de modo que aplicações dependentes da sensibilidade ao contexto reutilizem dados contextuais existentes com base em seus requisitos específicos. Como resultado, propõe CoaaS, uma arquitetura de referência para plataformas de "contexto como um serviço", validada por um protótipo em um caso de uso de estacionamento inteligente. O protótipo demonstrou sua eficácia ao sugerir a melhor vaga de estacionamento disponível de forma contextual: uma mais próxima e cara sob más condições climáticas e outra mais distante e barata em um dia ensolarado. Os resultados demonstraram o sucesso na tarefa proposta, a qual seria desafiadora devido aos parâmetros contextuais.

Os trabalhos citados acima, de modo geral, possuem foco em soluções para contextos externos aos objetos inteligentes, necessários ao desenvolvimento das aplicações IoT. Geralmente, estes contextos são relacionados às pessoas, lugares ou objetos gerais disponíveis. Sendo assim, frequentemente, ficam de fora contextos sobre os objetos inteligentes, os quais podem ser relevantes para que as aplicações executem e, até mesmo, adaptem seus serviços. Identificar, coletar, representar, armazenar e compartilhar contextos das coisas são tarefas diferentes daquelas ligadas ao gerenciamento de contextos externos aos objetos.

Até onde sabemos, este trabalho é o primeiro a explorar uma solução de descoberta e distribuição de Contextos das Coisas como um serviço para aplicações diversas da categoria de casas inteligentes.

3 COTAS@HOME - CONTEXT OF THINGS AS A SERVICE

Antes de se desenvolver uma solução de provisionamento de perfis contextuais de objetos inteligentes, é preciso ter clareza sobre quais são esses dados. O trabalho de Santana et al. [11] realizou essa tarefa, fazendo uma busca ampla na literatura, em sites de venda e de fabricantes por diversos tipos e instâncias de objetos inteligentes e seus respectivos dados contextuais para a construção de um dataset modelado por ontologia e disponibilizado publicamente¹.

¹<https://nesped1.caf.ufv.br/od4cot>

No dataset OD4CoT (Ontology-based Dataset for the Context of Things), podem ser encontradas categorias e exemplos de contexto para objetos de diferentes domínios de aplicações. Em particular para o domínio de casas inteligentes, foram mapeadas 70 categorias de contexto das coisas, o que representa 72.9% das categorias do dataset e 194 instâncias de objetos inteligentes, o que representa 47.5% dos objetos do dataset.

Sendo assim, o OD4CoT será utilizado como um insumo necessário para propor o CoTaS@Home, um serviço de gerenciamento de perfis de objetos inteligentes disponíveis no ambiente e provisionamento destes para aplicações IoT, de acordo com a demanda das mesmas, focado no domínio de casas inteligentes.

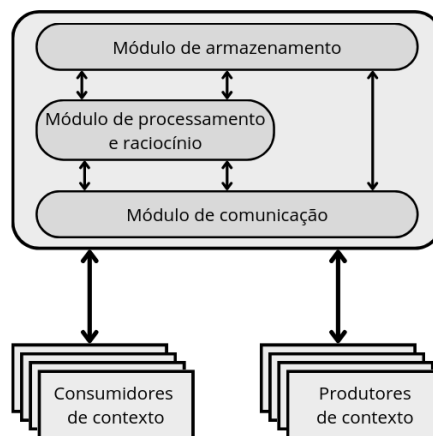


Figura 1: Arquitetura do sistema CoTaS@Home.

A Figura 1 ilustra a arquitetura do serviço CoTaS@Home, baseada nas propostas descritas por Hassani et al. [6] e Perera et al. [9], além de representar seus clientes, a saber, Provedores de contexto, que são quaisquer entidades que fornecem uma interface padrão pela qual são informados os perfis contextuais dos objetos inteligentes, e Consumidores de contexto, que são quaisquer entidades que solicitam essas informações.

Sua estrutura é composta por três componentes principais, nomeados: módulo de comunicação, módulo de processamento e raciocínio de contexto, e módulo de armazenamento de contexto.

Atuando como um proxy, o **Módulo de comunicação** funciona como a interface externa do serviço, expondo as operações disponíveis, ou seja, determina qual módulo será acionado com base no tipo da mensagem. Estas poderão ser acessadas por middlewares de acesso remoto comumente utilizados, tais como REST ou SOAP.

O **Módulo de armazenamento de contexto** persiste os contextos recebidos dos objetos inteligentes, que incluem valores históricos e atuais, e realiza consultas na base de dados construída. Os tipos de objetos inteligentes conhecidos e seus respectivos tipos de contexto são aqueles descritos pela ontologia OD4CoT.

O **Módulo de processamento e raciocínio de contexto** será responsável por fazer raciocínio de contextos das coisas, com o objetivo de minimizar a troca de mensagens entre serviços, sem impactar a qualidade dos dados. A atualização dos dados contextuais poderia levar a um fluxo alto e contínuo de troca de mensagens, o que poderá ser minimizado com uso de modelos de inteligência

artificial. Além disso, o aprendizado de máquina também poderá ser utilizado para a inferência de novos tipos de contexto e a identificação de perfis contextuais.

O sistema CoTaS@Home oferecerá uma forma padronizada e independente de coleta de contexto das coisas e distribuição de seus perfis contextuais para as aplicações interessadas. Como consequência, é esperada melhoria na escalabilidade e aumento da interoperabilidade de sistemas sensíveis ao contexto que fazem uso de objetos inteligentes compartilhados.

Alguns dos principais desafios encontrados no desenvolvimento e implantação do sistema são a padronização que precisa existir na forma como os provedores de contexto enviam seus dados para que o serviço seja capaz de entender e processar as requisições e o uso de modelos de aprendizado de máquina que equilibrem, de fato, desempenho e qualidade dos dados contextuais.

4 IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS INICIAIS

Para desenvolver e avaliar a implementação do serviço, foram realizadas simulações por meio do *Network Simulator 3* (NS-3) [8], por se tratar de uma ferramenta de código aberto, escalável e já consolidada na literatura [3]. O ambiente de simulação implementado é composto por objetos inteligentes que querem compartilhar suas características e estados, para aplicações que querem consumir esses dados.

Baseado na arquitetura apresentada na Seção 3, o sistema foi implementado como uma extensão a classes do NS-3, conforme apresentado na Figura 2.

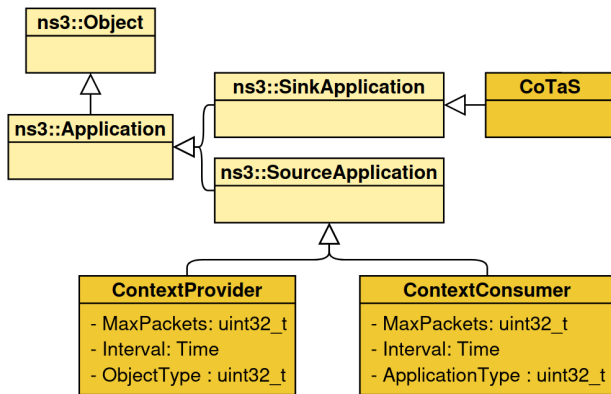


Figura 2: Diagrama classes abstrato da simulação

A classe ContextProvider representa os provedores de contexto, e é responsável por enviar requisições de inscrição e atualização de contexto para o serviço. A classe ContextConsumer representa os consumidores de contexto, e é responsável por solicitar consultas de contexto. Ambas herdam de ns3::SourceApplication, indicando que são clientes do serviço implementado.

Há três atributos configuráveis para essas classes: o máximo de pacotes a ser enviados durante a simulação (MaxPackets), o intervalo de tempo entre cada envio (Interval), e um terceiro que indica o tipo de objeto ou aplicação (ObjectType para provedores de contexto e ApplicationType para consumidores de contexto).

Já a classe CoTaS representa o serviço CoTaS@Home, herdando a classe ns3::SinkApplication, que, por sua vez, atua como um servidor. O módulo de comunicação foi implementado diretamente nessa classe. O módulo de armazenamento de contexto foi feito utilizando um servidor MongoDB containerizado [4], que se conecta diretamente com o módulo de comunicação, atuando como processos locais. Todas as mensagens trocadas no sistema são formatadas em JSON por ser uma representação externa de dados amplamente utilizada e compatível com a interface de consulta do MongoDB.

Os cenários de simulação são compostos por nós que representam os objetos inteligentes (produtores), aplicações (consumidores) e o serviço CoTaS. Esses nós foram distribuídos em um espaço de 21 m × 21 m, configurados com a pilha de protocolos da Internet padrão do NS-3, e conectados em uma mesma rede Wi-Fi IEEE 802.11ax. Na camada de transporte, é utilizado o protocolo UDP, e todas as mensagens são inseridas diretamente em seus datagramas.

Dada a densidade dos objetos inteligentes no ambiente, fez-se necessário o uso de 3 pontos de acesso para rotear as mensagens pela rede local com estabilidade. Os pontos de acesso são nós adicionais na simulação e se interligam através de uma rede cabeada baseada em Ethernet, conforme disponível no módulo CSMA do NS-3.

A sequência de eventos simulados começa pela inicialização do serviço CoTaS e do servidor de armazenamento no primeiro segundo da simulação. Os produtores de contexto iniciam após 9 s e, posteriormente, começam a enviar requisições a cada 50 ms com um máximo de 200 envios. Os consumidores iniciam 2 s após os produtores e enviam requisições a cada 100 ms com um máximo de 80 envios. A simulação se encerra após 21 s.

Ao todo, foram usados 31 tipos de objetos atuando como produtores de contexto, e 16 tipos de aplicação atuando como consumidores de contexto. Para os consumidores de contexto, foi instanciada uma aplicação de cada tipo em todos os cenários de simulação. Já para os produtores de contexto, a quantidade de objetos inteligentes instanciados varia em cada cenário, sendo 20, 40, 60, 80 e 100 objetos. A posição da maioria dos objetos inteligentes está fixa, mas há 8 objetos, considerando o cenário com todos os 100 objetos, que se movimentam pela simulação usando o modelo de mobilidade RandomWalk2dMobilityModel. Esse é o caso, por exemplo, para os robôs aspiradores de pó.

Para avaliar a solução, foram coletadas e analisadas as métricas de quantidade de mensagens transmitidas pela rede, quantidade de mensagens perdidas, latência e jitter em cada um dos cenários.

A Figura 3 mostra a quantidade total de mensagens transmitidas, demonstrando um aumento linear entre os cenários. A cada aumento de um cenário para o outro, são transmitidas em média 7,9 mil mensagens adicionais, o que implica que cada novo objeto inteligente introduzido na simulação utiliza cerca de 400 mensagens.

Já a Figura 4, que mostra a porcentagem de perda de mensagens em cada cenário, apresenta comportamento diferente entre cada caso, não havendo um crescimento linear. Nos três primeiros casos de teste, a taxa de perda se mantém abaixo de 0.5%, enquanto para os casos subsequentes, a perda passa a aumentar gradativamente. Não obstante, os valores ainda se mantêm abaixo de 3%.

Por último, a Figura 5 mostra o crescimento do *round trip time* (RTT) conforme o aumento do número de objetos no cenário, afetando tanto a latência quanto o jitter. A Tabela 1 complementa essa visão dos resultados com valores exatos de cada estatística. É

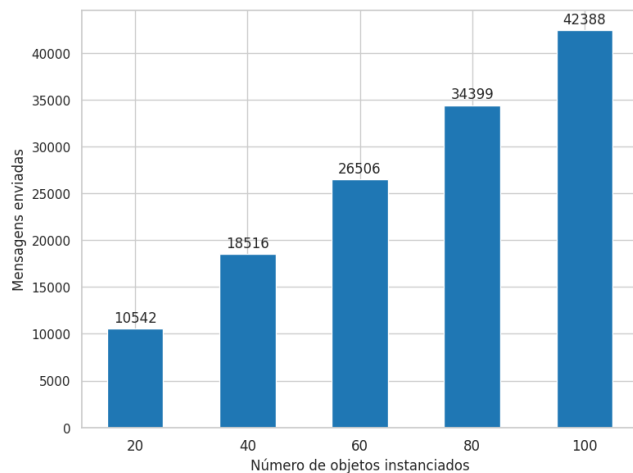


Figura 3: Total de mensagens enviadas em cada cenário.

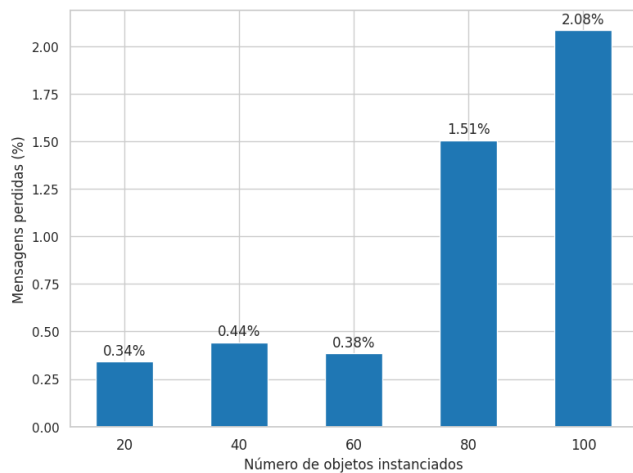


Figura 4: Perda de pacotes em cada cenário.

possível observar um aumento na latência média, com a mediana do RTT elevando-se de aproximadamente 10 ms no cenário de 20 objetos para 79 ms no cenário de 100 objetos. Este é um comportamento esperado, pois mais objetos inteligentes competindo pela rede levam a um maior congestionamento e tempos de fila. Além do aumento da latência, o crescimento do desvio padrão do RTT demonstra que a estabilidade da rede também foi impactada com um aumento do jitter nos cenários de maior carga.

Simultaneamente, esses resultados indicam que, embora a rede suporte um número menor de objetos com bom desempenho, a escalabilidade é um desafio crítico, e a adição de mais dispositivos prejudica a qualidade de serviço de forma não linear.

Os scripts de simulação, assim como o código-fonte do serviço e informações sobre como configurar o que foi implementado, se encontram no repositório de versionamento do projeto².

²<https://github.com/NESPEDUFV/CoTaS-home-dev/releases/tag/v0.1>

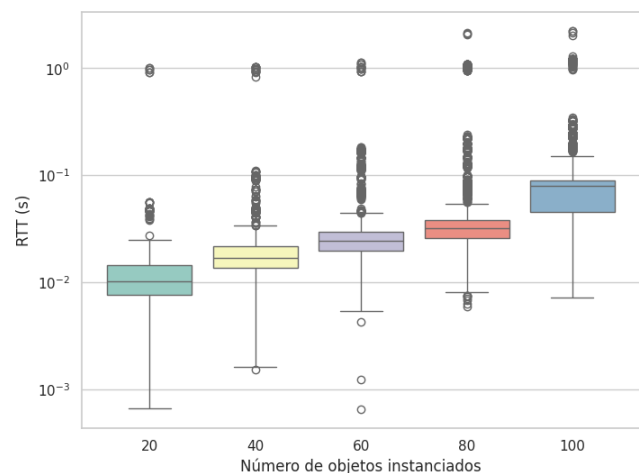


Figura 5: Distribuição do RTT em cada cenário.

Tabela 1: Estatísticas do RTT em cada cenário.

RTT (ms)	Número de objetos instanciados				
	20	40	60	80	100
Mínimo	0.66	1.50	0.65	5.96	7.10
Média	12.26	19.58	27.12	37.78	77.20
Mediana	10.12	16.89	24.51	32.00	79.47
Máximo	1016.63	1033.96	1131.44	2163.60	2244.18
Desvio Padrão	32.70	39.22	36.24	69.62	83.31

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PRÓXIMOS PASSOS

Em suma, o presente trabalho teve como objetivo propor um software de coleta e distribuição do contexto das coisas no domínio de casas inteligentes.

Os achados desta primeira fase da pesquisa demonstram que, se não existir um gerenciamento do grande volume de dados que circulam pela rede, em especial o contexto das coisas, será complexa a forma como aplicações que coexistem em uma casa inteligente encontram objetos inteligentes que possuam os perfis necessários para sua execução.

Esses achados, embora parciais, fornecem uma base robusta para o aprofundamento da investigação. Dessa forma, a próxima fase consistirá na aplicação de modelos de inteligência artificial para compor o módulo de raciocínio de contextos das coisas, a fim de minimizar o número de mensagens com baixo impacto na qualidade dos dados.

ACKNOWLEDGMENTS

Agradecimentos ao Manna Team, a Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FA) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Brasil (Processo nº 421548/2022-3) pelo apoio.

REFERÊNCIAS

- [1] Mussab Alaa, A.A. Zaidan, B.B. Zaidan, Mohammed Talal, and M.L.M. Kiah. 2017. A review of smart home applications based on Internet of Things. *Journal of*

- Network and Computer Applications* 97 (2017), 48–65. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2017.08.017>
- [2] Luigi Atzori, Antonio Iera, and Giacomo Morabito. 2017. Understanding the Internet of Things: definition, potentials, and societal role of a fast evolving paradigm. *Ad Hoc Networks* 56 (2017), 122–140.
 - [3] Jerah Borges, Luciano Cardoso, and Alessandra Bussador. 2023. Redes de Computadores e Simulação: Um Estudo Comparativo Entre Softwares. In *Anais do XX Congresso Latino-Americano de Software Livre e Tecnologias Abertas* (Foz do Iguaçu/PR). SBC, Porto Alegre, RS, Brasil, 198–201. <https://doi.org/10.5753/latinoware.2023.236552>
 - [4] Docker Community. 2025. *mongo - Official Image | Docker Hub*. Docker Hub. Retrieved July 27, 2025 from https://hub.docker.com/_/mongo
 - [5] FIWARE Foundation. 2025. *FIWARE*. FIWARE Foundation. Retrieved July 11, 2025 from <https://www.fiware.org/>
 - [6] Alireza Hassani, Alexey Medvedev, Pari Delir Haghighi, Sea Ling, Maria Indrawan-Santiago, Arkady Zaslavsky, and Prem Prakash Jayaraman. 2018. Context-as-a-Service Platform: Exchange and Share Context in an IoT Ecosystem. In *2018 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops)*. IEEE Computer Society, Los Alamitos, CA, USA, 385–390. <https://doi.org/10.1109/PERCOMW.2018.8480240>
 - [7] Gerd Kortuem, Fahim Kawsar, Vasughi Sundramoorthy, and Daniel Fitton. 2009. Smart objects as building blocks for the internet of things. *IEEE internet computing* 14, 1 (2009), 44–51.
 - [8] nsnam. 2025. *ns-3 | a discrete-event network simulator for internet systems*. nsnam. Retrieved July 17, 2025 from <https://www.nsnam.org/>
 - [9] Charith Perera, Arkady Zaslavsky, Peter Christen, and Dimitrios Georgakopoulos. 2012. CA4IoT: Context Awareness for Internet of Things. In *2012 IEEE International Conference on Green Computing and Communications*. IEEE, 775–782. <https://doi.org/10.1109/GreenCom.2012.128>
 - [10] Yusuf Perwej, Kashiful Haq, Firoj Parwej, M Mumdouh, and Mohamed Hassan. 2019. The internet of things (IoT) and its application domains. *International Journal of Computer Applications* 975, 8887 (2019), 182.
 - [11] Henrique Santana, João Bradachi, Maria Andrade, Alécia Silva, Thais Silva, Fabricio Silva, and Linnyer Aylon. 2025. OD4CoT: um dataset baseado em ontologia para o Contexto das Coisas. In *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva* (Maceió/AL). SBC, Porto Alegre, RS, Brasil, 141–150. <https://doi.org/10.5753/sbcup.2025.9216>