# Interoperabilidade de Sistemas aplicados às Cidades Inteligentes: Um Estudo de Mapeamento Sistemático

**ANDRADE, S. A.**[1], **LUQUE, D. B.**[1]

[1]Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPgCC)
Universidade Federal do Acre (UFAC)
CEP 69.920-900 – Rio Branco – AC – Brasil

sara.andrade@sou.ufac.br, diodomiro.carcasi@ufac.br

***Abstract.*** *Studies report difficulties to implement a Smart City when aligning different data in a single application and performing the interoperability of these systems. Thus, it is understood as the motivation of the work the need to carry out a systematic mapping in order to find answers to several related questions, but mainly how to reduce these systems adequacy problems and find good interoperability solutions for Smart Cities. From the results it can be inferred that the research questions were answered, bringing relevance to the topic studied.*
***Keywords****:Smart Cities. Systems Interoperability. Information and communication technology.*

***Resumo.*** *Estudos relatam dificuldades para implantar uma Cidade Inteligente no momento de alinhar diferentes dados em uma única aplicação e realizar a interoperabilidade desses sistemas. Dessa feita, entende-se como a motivação do trabalho a necessidade de realizar um mapeamento sistemático a fim de encontrar respostas para diversas questões relacionadas, mas principalmente como diminuir estes problemas de adequação de sistemas e encontrar boas soluções de interoperabilidade para Cidades Inteligentes. Dos resultados pode-se inferir que as questões de pesquisa foram respondidas, trazendo relevância ao tema estudado.*
***Palavras-chaves****: Cidades Inteligentes. Interoperabilidade de Sistemas. Tecnologia da Informação e Comunicação.*

## 1. Introdução

As cidades inteligentes contextualizam o presente e o futuro da população, emergindo do usufruto de Tecnologias de Informação e Comunicação e Internet das Coisas trazendo para a população a facilidade e resolução de diversas questões inerentes às atividades essenciais de um ecossistema.

Sendo assim, esforços para entender a interoperabilidade de Sistemas relacionados às Cidades Inteligentes, suas aplicações e desafios e maneiras de solucionar problemas nessa área são essenciais.

Neste trabalho é apresentado um mapeamento sistemático de 14 estudos, identificando, analisando e mapeando os resultados e evidências relacionadas, com o intuito de responder alguns problemas da pesquisa.

O restante do artigo está estruturado como se segue. Na seção 2 tem-se o estudo de mapeamento sistemático e seu protocolo, descrevendo materiais e métodos. A seção 3 demonstra os resultados obtidos e inferências. Seção 4 apresenta as considerações finais.

## 2. Estudo de Mapeamento Sistemático

No decorrer desta seção será abordado o método de utilização aplicado ao estudo de mapeamento sistemático.

### 2.1. Ciclo da Pesquisa

Para tornar claro o ciclo em que foi utilizado neste trabalho, o mapeamento sistemático foi seguido conforme esboço a seguir, baseado no modelo de [Kitchenham and Charters 2007].

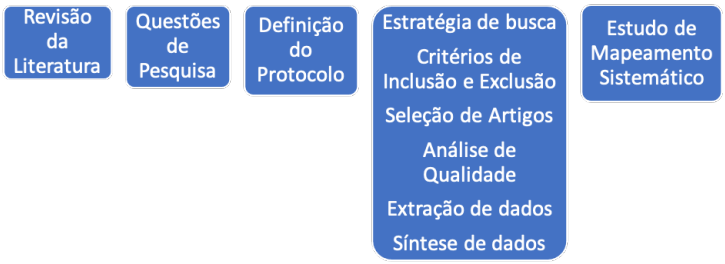


**Figura 1.** ***Fases da Pesquisa***
Fonte: Acervo da autora

### 2.2. Protocolo da Pesquisa

Um modelo de Protocolo foi seguido, para que a metodologia tenha sido bem aplicada e a pesquisa não tenha se tornado enviesada. O modelo seguido foi criado por [Kitchenham and Charters 2007] e [Petersen et al. 2008] que possui algumas diretrizes demonstradas no decorrer do trabalho.

#### 2.2.1. Perguntas da Pesquisa

Para o contexto desse trabalho, foi apresentado a dificuldade de se realizar a interoperabilidade de sistemas que sejam aplicados às Cidades Inteligentes, bem como a ausência de informações claras sobre soluções relacionadas ao tema.

Dessa forma, para que o problema de pesquisa pudesse ser resolvido, foi elaborado algumas questões:

***QP1****: Quais são os métodos e as técnicas existentes para interoperabilidade de sistemas que são empregados para serem utilizados em cidades inteligentes?*

***QP2****: Quais são os desafios/problemas para interoperabilidade aplicada à Cidades Inteligentes?*

***QP3****: Quais são as saídas para resolverem o problema de interoperabilidade de sistemas em cidades inteligentes?*

### 2.2.2. Procedimento de Busca

Foi utilizado a abordagem de [Budgen and Brereton 2006] que recomenda operadores AND e OR na construção de strings de busca.

Na tabela 1 que se segue, estão os buscadores utilizados nesta pesquisa, levando em consideração a relevância na área de conhecimento e confiabilidade nos motores de busca.

**Tabela 1. Sites de busca utilizados**

| Buscadores | Link |
|---|---|
| Biblioteca Digital do IEE | http://ieeesplore.ieee.org/Xplore/ |
| Biblioteca Digital da ACM | http://portal.acm.org/ |
| Teses da USP | http://www.teses.usp.br/ |
| Banco de teses da Capes | http://servicos.capes.gov.br/capesdw/ |
| Portal Periódicos da Capes | http://novo.periodicos.capes.gov.br/ |

A string de busca é demonstrada a seguir, e em alguns buscadores foi colocado o asterisco na palavra city para que fosse possível também buscar a palavra cidade no plural e com isso não fosse excluído da busca.

**"Interoperability of systems AND smart cit*"**, relacionada com os termos *applications, data, solutions e network.*

### 2.2.3. Critérios de Inclusão e Exclusão

Para este trabalho, sintetizamos os aspectos que sinalizem interoperabilidade de sistemas para serem aplicados em Cidades Inteligentes. Alguns critérios de exclusão foi utilizados como:

- Trabalhos que não abordem o tema.
- Trabalhos publicados como artigos curtos ou pôsteres.
- Trabalhos que apresentam avaliações sem apresentar o método utilizado.

Para critérios de Inclusão pode-se citar:

- Serão incluídos trabalhos publicados e disponíveis integralmente em bases de dados científicas ou em versões impressas.
- Serão incluídos trabalhos recentes (publicados a partir de 2017) que já possuam aprovação pela comunidade científica.
- Serão incluídos os trabalhos que abordarem métodos interoperabilidade de sistemas, mesmo que não se refiram a cidades inteligentes.

### 2.2.4. Adequação de Estudos

Nesta etapa de adequação de estudos, foram selecionados 766 artigos, com base no título, resumo e palavras-chave. Deste 766 artigos, foram aplicados critérios de exclusão, de modo que fossem selecionados apenas os artigos que pudessem responder as questões da

pesquisa. Foram excluídos diversos artigos que tratavam de outros temas e que demonstravam poucos resultados ou até mesmo um resumo com poucas informações e trabalhos duplicados. Esta etapa foi concluída, com um total de 14 artigos.

**Tabela 2. Buscas realizadas**

| **Buscadores** | **Nº de artigos** | Pós-selecionado | Final |
|---|---|---|---|
| Biblioteca Digital do IEE | 264 | 26 | 7 |
| Biblioteca Digital da ACM | 334 | 9 | 5 |
| Teses da USP | 6 | 0 | 0 |
| Banco de teses da Capes | 151 | 1 | 1 |
| Portal Periódicos da Capes | 11 | 1 | 1 |
| **Total de Artigos** | **766** | **37** | **14** |

### 2.2.5. Extração de Dados

Logo após os 14 artigos serem escolhidos, baseados nos critérios já expostos, o processo de extração de dados foi iniciado. Na tabela 3, pode-se observar o modelo de extração de dados aplicado a esta pesquisa.

**Tabela 3. Extração de dados**

| **Título** | Título da Pesquisa |
|---|---|
| **Ano** | Ano de Publicação |
| **Autores** | Autores da Pesquisa |
| **Resumo** | Resumo da Pesquisa |
| **Motivação do Estudo** | Motivações que levaram os autores a desenvolverem o estudo |
| **Métodos e Técnicas utilizados para interoperabilidade de sistemas em Cidades Inteligentes** | Métodos e técnicas abordados no estudo para aplicação de interoperabilidade de sistemas no âmbito de cidades inteligentes |
| **Desafios para interoperabilidade de sistemas em Cidades Inteligentes** | Desafios enfrentados para que fosse possível realizar a interoperabilidade de sistemas em cidades inteligentes |
| **Soluções/Resultados para Interoperabilidade** | Soluções encontradas para resolver o problema de interoperabilidade de sistemas aplicado a cidades inteligentes |

## 3. Resultados

Foram selecionados 14 artigos, baseados nos critérios de exclusão e de qualidade expostos na seção anterior. Estes artigos foram selecionados com suas publicações de 2016 a 2021. Para a identificação dos trabalhos, foi denominado a cada um a nomenclatura "T"e a numeração de identificação. A tabela 4 relaciona os títulos dos trabalhos com seus respectivos autores.

### 3.0.1. Classificação de Qualidade

O critério de qualidade abordado neste mapeamento se trata da escala *Likert-5*, e nela foi possível determinar, quais trabalhos atendiam da melhor maneira os critérios proposto. Dessa maneira, foi possível identificar dois artigos na faixa "discordo parcialmente" por apresentar falta de clareza em seu desenvolvimento. Os demais artigos demonstraram bons aspectos com relação às perguntas elaboradas nos critérios de qualidade. A seguir é possível demonstrar com o gráfico na Figura 2 o percentual avaliado.

**Tabela 4. Estudos selecionados**

| ID | Lista de Artigos | Autor | Tipo | Ano | Plataforma |
|---|---|---|---|---|---|
| T01 | Smart City interoperability framework based on city infraestructure model and service priorization | Jac-young Ahn, Jun Scob Lee, Hyoung Jun Kim and Dac Joon Hwang | Artigo | 2016 | IEEE |
| T02 | Internet of Things for Smart Cities: interoperability and Open Data | B.Ahlgren, M.Hildell and E.C | Artigo | 2016 | IEEE |
| T03 | The Internet of Things: Heteregoneous interoperable Network Architecture in Smart Cities | A.Gavilanes Molina and R.Proano Escalante | Artigo | 2019 | IEEE |
| T04 | Interoperability in the Smart City: A semantic Approach for Merging Flexibility with Strictness | Brutti, A.Frascella, N. Gessa, P. De Sabbata and C.Novelli | Artigo | 2018 | IEEE |
| T05 | An interoprable Open Specifications Framework for Smart City urban platforms | J.L. Hernandez, R. Garcia, M. Fischer, J. Schonowski, D. Atlan and T. Ruohomaki | Artigo | 2019 | IEEE |
| T06 | Towards Achieving Semantic Interoperability in an IoT-enable Smart Campus | S.D. Nagowah, H.B. Sta and B.A. Gobin-Rahimbux | Artigo | 2019 | IEEE |
| T07 | interworking Models of Smart City with Heterogeneous Internet of Things Standards | J. Hwang, J. An, A. Aziz, J. Kim, S. Jeong and J. Song | Artigo | 2019 | IEEE |
| T08 | Interoperability requeriments for a smart city | Jahoon Koo and Young-Gab Kim | Artigo | 2021 | ACM |
| T09 | Testing Strategies for Smart Cities Applications: A Systematic Mapping Study | Alex Costa and Leopoldo Teixeira | Artigo | 2018 | ACM |
| T010 | SoS-centric Middleware Services for Interiperability in Smart Cities Systems | Frederico Lopes, Stefano Loss, Altair Mendes, Thais Batista, and Rodger Lea | Artigo | 2016 | ACM |
| T011 | Thinking Smart Cities as System-of-Systems: A perspective Study | Everton Cavalcante, Nélio Cacho, Frederico Lopes, Thais Batista, and Flávio Oquendo | Artigo | 2016 | ACM |
| T012 | A minimum set of common principles for enabling Smart City interoperability | Angelo Frascella; Arianna Brutti; Nicola Gessa; Piero de Sabbata; Cristiano Novelli; Martin Burns; Vatsal Bhatt; Raffaele Ianniello; Linghao He | Artigo | 2018 | Periódicos Capes |
| T013 | Mandala - Interoperabilidade baseada em Sistemas de Sistemas no âmbito de Cidades Inteligentes | Altair Brandão Mendes | Tese | 2018 | Teses Capes |
| T014 | MQTT Service Broker enabling the Interoperability of Smart City Systems | A. Zabasta, N. Kunicina, K. Kondratjevs, A. Patlins, L. Ribickis and J. Delsing, | Artigo | 2018 | IEEE |

### 3.0.2. Análise Temporal

Com o objetivo de identificar com o passar dos anos, como o tema da pesquisa tem se desenvolvido, foi realizado a análise temporal dos trabalhos analisados nesta pesquisa, no qual observamos na figura 3.

## 3.1. Interoperabilidade de Sistemas aplicado à Cidades Inteligentes

Ao decorrer desta seção, será demonstrado as evidências coletadas ao decorrer do mapeamento sistemático, seguindo as questões definidas na pesquisa.

***QP1**: Quais são os métodos e as técnicas existentes para interoperabilidade de sistemas que são empregados para serem utilizados em cidades inteligentes?*

Para fazer a sintetização dos dados, foi utilizado uma classificação dos autores [Koo and Kim 2021], que na leitura apresentou a melhor classificação de interoperabi-

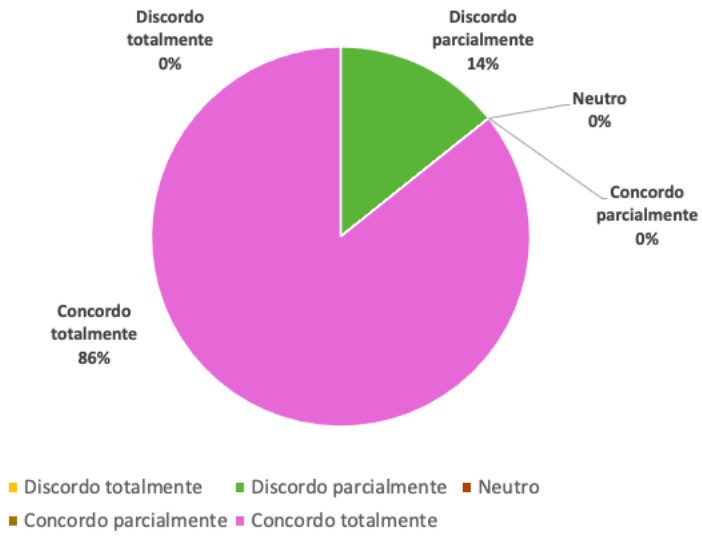


**Figura 2.** ***Avaliação de Qualidade***
Fonte: Acervo da autora

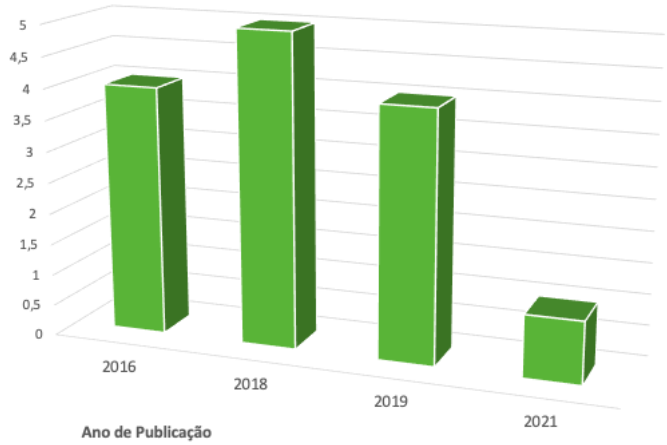


**Figura 3.** ***Análise Temporal***
Fonte: Acervo da autora

lidade de sistemas para cidades inteligentes. Isto posto, os tipos de interoperabilidade foram classificados em: Semântica, Sintática, *Middleware*, Redes e Segurança. Pode-se observar a classificação dos 14 artigos analisados a seguir, que responde a primeira pergunta deste mapeamento sistemático.

Com base na classificação obtida, foi possível identificar os tipos de interoperabilidade mais estudadas na área de *Smart City* e ainda selecionar qual o método utilizado em cada artigo e o tipo de interoperabilidade, observado na tabela 5. Conforme mostra na Figura 4, os tipos de interoperabilidade sintática e semântica são os temas mais abordados para *Smart City*.

A interoperabilidade sintática é a capacidade de trocar dados com base na sintaxe (por exemplo, formatos, regras, esquema, interfaces, etc.) entre vários dispositivos.

A interoperabilidade semântica é a capacidade de entender o significado dos mo-

**Tabela 5. Classificação de Interoperabilidade**

| ID | Método de Interoperabilidade | Tipo de Interoperabilidade |
|---|---|---|
| T01 | Modelo Conceitual de interoperabilidade utilizando TIC aplicado a Cidade Inteligente | Sintática e Semântica |
| T02 | Método de Interoperabilidade aplicado à comunicação | Redes |
| T03 | Ontologia aplicado à IoT - Middleware | Middleware |
| T04 | Princípios teóricos para interoperabilidade semântica e informação/framework para consenso de arquitetura | Sintática e Semântica |
| T05 | Framework de especificação aberta MySMARTLife-Interoperabilidade semântica | Sintática e Semântica |
| T06 | Modelo semântico em um campus inteligente habilitado para IoT | Sintática e Semântica |
| T07 | Interoperabilidade semântica com IoT utilizando API | Sintática e Semântica |
| T08 | Levantamento de requisitos para interoperabilidade em diversas áres de interoperabilidade para Cidades Inteligentes | Sintática e Redes |
| T09 | Estratégias de teste para aplicativos desenvolvidos no contexto de Cidades Inteligentes | Segurança |
| T010 | Middleware centrado em SoS para apoiar a criação, composição, implantação e execução de SoS em ambientes de Cidades Inteligentes | Middleware |
| T011 | Ontologia Semântica para SoS | Semântica |
| T012 | Modelagem de Interoperabilidade semântica e sintática aplicada ao conceito de plataforma de especificações de Cidades Inteligentes (SCPS) e pontos pivôs de interoperabilidade (PPI) | Sintática e Semântica |
| T013 | SoS Middleware criado pelo autor | Middleware |
| T014 | Protocolo de transporte de mensagem MQTT aplicado a um sistema de Interoperabilidade | Redes |

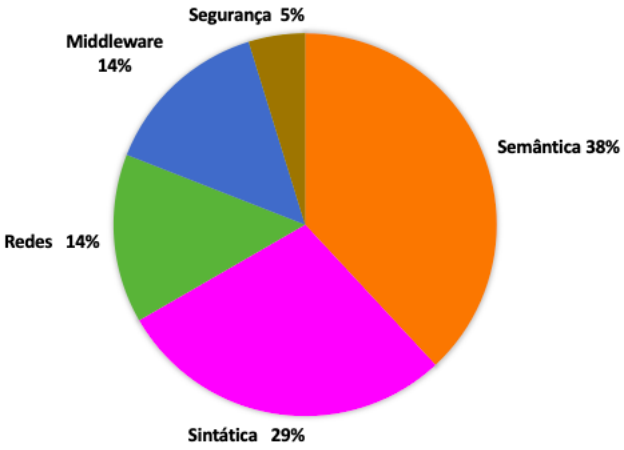


**Figura 4.** ***Classificação de Interoperabilidade***
Fonte: Acervo da autora

delos de dados entre vários sistemas e domínios.

A interoperabilidade de rede é uma função de uma infraestrutura de comunicações estabelecida para a troca de dados entre vários dispositivos.

A interoperabilidade de *middleware* é uma capacidade de gerenciamento de dados (por exemplo, coleta, armazenamento, processamento e descoberta de dados) que troca dados e serviços entre plataformas heterogêneas de IoT.

A interoperabilidade de segurança trata com informações confidenciais, o controle de acesso e a análise de vulnerabilidades. Portanto, mecanismos de manutenção da disponibilidade dos serviços e controles de acesso, como autenticação e autorização de usuários, devem ser considerados.

***QP2****: Quais são os desafios/problemas para interoperabilidade aplicada à Cidades Inteligentes?*

Vários artigos, como [Brutti et al. 2018] e [Koo and Kim 2021] citam a existência de sistemas organizados em forma de silos verticais, onde a comunicação somente existe com os sistemas daquela mesma aplicação, impossibilitando a comunicação vertical com outros sistemas existentes. Este aspecto traz à tona muita dificuldade de comunicação de dados.

Outro problema relatado está relacionado a grande diversidade que uma cidade inteligente pode ter, com diferentes organizações e instituições. Existe o relato de uma lacuna com relação a estudos nessa área [Schaffers et al. 2011].

Foi detectado que mesmo existindo diversas plataformas com a utilização de IoT, não existem orientações para a maneira de se usar estes padrões que estão sendo desenvolvidos e também como validá-los [Hernández et al. 2019].

Em Redes, é possível detectar que existem diferentes protocolos de comunicação, transporte de dados e meios de acesso, que tornam a comunicação inoperante. Tornando difícil transformar diversos tipos de dados em outro tipo que seja compatível [Koo and Kim 2021].

No estudo de [Costa and Teixeira 2018] que se trata de um artigo relacionado a ferramentas de teste de aplicações para cidades inteligentes, relata que os testes são criados para fins específicos, impedindo a utilização para outra especificação. E que quando são realizados os testes, geralmente o recurso para o projeto está destinado para um determinado período, sem visar a continuidade do projeto.

Um aspecto negativo, se tratando de SoS (do inglês *System of systems* que se trata de uma coleção de sistemas, com capacidade de operação independente e interoperar juntamente para objetivos em comum) é que dada a sua estrutura, a situações a serem resolvidas são apresentadas de forma emergentes, ou seja, mesmo que a algum tempo venham sendo estudados, ainda existem várias funções a serem desenvolvidas e testadas [Cavalcante et al. 2016].

Ainda sobre SoS, [Frascella et al. 2018] relata que devido a complexidade de um SoS, hierarquia, controle e custo de aquisição tornam a perspectiva de interoperabilidade mais complicadas de serem alcançadas.

[Zabasta et al. 2018] descreve que a necessidade de interoperabilidade traz a solução para a comunicação de diversos dispositivos de automação, sensores, etc.

i) para interoperabilidade semântica os principais desafios identificados foram a correspondência cujo processo não trivial requer conhecimento profundo sobre as conceituações por trás de ambas as ontologias e suas semelhanças semânticas. O alinhamento de ontologias consiste em trazer duas ou mais ontologias em acordo mútuo;

ii) para interoperabilidade sintática o principal problema identificado foi a falta de orientação sobre onde e como usar padrões para o desenvolvimento, ainda há uma lacuna nas soluções interoperáveis em vários níveis;

ii) para interoperabilidade de *middleware* falta colaboração e coordenação entre eles. Esse tipo de situação pode levar a um mar de sistemas incontrolável e insustentável, impedindo que as soluções se tornem mais eficientes, escaláveis e adequadas para suportar novas gerações de sistemas e serviços que ainda não estão previstos;

iv) para interoperabilidade de segurança a maioria das estratégias de teste são desenvolvidas para algum contexto específico que não é garantido para ser reutilizado em outra aplicação. Outra observação relevante é que o investimento financeiro na maioria dos casos se limita à duração do projeto e não visa a continuidade após a conclusão do projeto, causando uma paralisação no desenvolvimento da estratégia; e

v) para interoperabilidade de redes os desafios estão relacionados à padronização de protocolos e dificuldade de compartilhamento de dados na nuvem onde estes estão em domínio do fornecedor do serviço.

***QP3**: Quais são as saídas para resolverem o problema de interoperabilidade de sistemas em cidades inteligentes?*

No estudo de [Gavilanes Molina and Proano Escalante 2019] que aborda a perspectiva de *middleware* para solução de interoperabilidade aplicada a cidades inteligentes, demonstra que mesmo com bom recurso ainda é difícil que uma mesma aplicação que utilize IoT se torne acessível de modo a realizar comunicação com todos os dispositivos, dessa feita é possível observar pelo autor a necessidade de desenvolvimento de protocolo de comunicação para que seja possível a interoperabilidade entre os mesmos. Ainda com relação à demanda de captação de dados necessária e a não realização de ontologias.

[Brutti et al. 2018] relata o *IES-City Framework* como uma saída para a interoperabilidade de sistemas com demanda em cidades inteligentes, visto que se trata de um *framework* criado, visando uma padronização de comunicação entre os sistemas que são utilizados nas cidades inteligentes. O *IES-City Framework* se trata de um resultado do trabalho de um grupo público que se uniu com o intuito de reduzir os custos de integração dos aplicativos, utilizando análise técnica para aplicação em cidades inteligentes.

Tal estudo pode abrir várias portas do conhecimento, relacionado a integração de cidades inteligentes. Em suma, os envolvidos na criação deste *framework* elencaram três grandes barreiras a serem vencidas:

- A padronização já citada neste trabalho, que amarra as aplicações em sistemas personalizados impedindo a comunicação entre as cidades.
- Existe uma falta de padronização, sem acordos de linguagem/taxonomia e arquitetura das cidades inteligentes.
- Outro aspecto seria a falta de escalabilidade, cujo IoT e sistemas físicos que são base para tantos sistemas adjacentes. Existe ainda a falta de conhecimento

necessária para o desenvolvimento de tais sistemas, falta de clareza para quais princípios priorizar, falta de recursos e experiência norteiam os problemas encontrados.

NIST que é o Instituto Nacional de Padronização e Tecnologia dos Estados Unidos e parceria com diversas instituições trouxe à tona este grupo de trabalho internacional que é denominado *IES-City Framework Public Working Group (IES-City)*, para realização de uma linguagem com taxonomia e consenso congruentes, e estrutura arquitetura comum entre para soluções inteligentes para comunidades modernas.

[Hwang et al. 2019] cita que existe grande necessidade de padronização dos sistemas e protocolos.

De acordo com [Koo and Kim 2021], existe uma necessidade de relação de ontologia para a utilização de interoperabilidade entre sistemas. Para [Costa and Teixeira 2018] a falta de padronização causa todos os problemas já citados.

No estudo de [Lopes et al. 2016] a interoperabilidade para cidades inteligentes pode se tornar viável por meio do uso de *middleware*, onde o mesmo criaria e gerenciaria os sistemas de sistemas.

Como forma de melhor sintetizar o resultado obtido, foi possível construir um gráfico demonstrando as soluções mais citadas para interoperabilidade aplicada à Cidades inteligentes, conforme observado na Figura 5 a seguir:

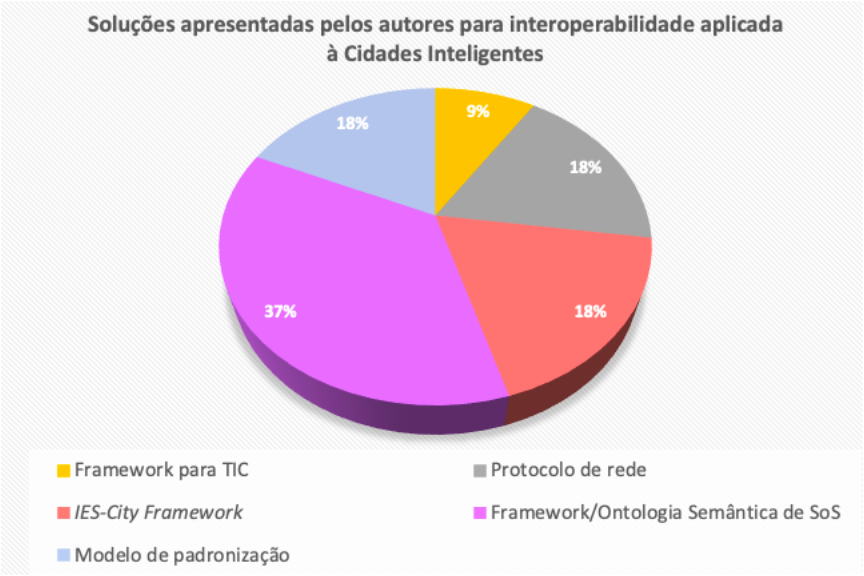


**Figura 5.** ***Soluções***
Fonte: Acervo da autora

### 3.2. Análise dos Resultados

Ao realizar este mapeamento sistemático, foi possível identificar diversas queixas dos autores com relação à interoperabilidade em cidades inteligentes. Mesmo que cada trabalho cite alguma solução, ou a exponha, de fato, o que se torna perceptível é que cada contribuição ainda é pequena diante do tamanho do problema que os profissionais precisam lidar.

Tantas são as cidades inteligentes já em operação, que utilizam sistemas eficientes em seus processos, mas mesmo assim, ainda existe a comunicação em forma de "silos" e as plataformas e ontologias amarradas a um determinado fabricante que utiliza uma determinada maneira de interoperar diferente de também outros sistemas que já foram desenvolvidos.

Neste trabalho, muito foi falado sobre sistemas de sistemas, seus conceitos, suas relações com ontologias, aplicações de *middleware*, protocolos de rede, todavia, se não houver uma determinação de que exista um ponto de operação entre tantas linguagens e sistemas, os estudos realmente trarão pouco impacto nos aspectos de soluções e relevância para a sociedade.

Considerando o *IES-City Framework*, se torna animador saber que já existe a iniciativa de um programa que realize esta interoperabilidade pensando nos diversos processos de uma cidade inteligente. Este programa possui a ideia de que não é a padronização que traz a saída para interoperabilidade, e sim que cada estratégia possua um ponto de ligação.

Estes pontos são chamados de Pontos Principais de Interoperabilidade (PPI) que em resumo se dá em encontrar pontos em comum na arquitetura. Se não houver conhecimento do ponto comum, os custos elevarão para que possa realizar a conexão com outro aplicativo. Desse modo, algumas escolhas técnicas distintas precisam ser realizadas e as informações serão conhecidas diminuindo a complexidade. [Burns and Manganelli 2018]

## 4. Conclusão

Com base no que foi mapeado, pode-se observar que o foco dos temas desenvolvidos na área são para semântica e sintática, deixando o âmbito de redes com poucos estudos e carência de desenvolvimento. E ainda, umas das soluções mais citadas pelos autores - *IES-City Framework*, é datado de 2018 e poucos são os esclarecimentos de como esse estudo foi desenvolvido ao decorrer dos anos e com o avançar da tecnologia.

Sendo assim, pode-se perceber que este é um campo vasto de desenvolvimento e que em muitos aspectos necessita ser desenvolvido, mesmo com vários esforços e soluções apresentadas nos artigos, a tendência sempre é desenvolver um sistema que opere para meios fechados, impedindo a escalabilidade e comunicação com demais processos utilizados em uma cidade inteligente. De outro modo, deve haver uma conscientização de que cidade inteligente se faz da união de esforços coletivos para o bem-estar e desenvolvimento da população.

## Referências


Brutti, A., Frascella, A., Gessa, N., De Sabbata, P., and Novelli, C. (2018). Interoperability in the smart city: A semantic approach for merging flexibility with strictness. In *2018 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP)*, pages 434–439.

Budgen, D. and Brereton, P. (2006). Performing systematic literature reviews in software engineering. volume 2006, pages 1051–1052.

Burns, M. and Manganelli, J. (2018). Using the ies-city framework. In *2018 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP)*, pages 440–445.

Cavalcante, E., Cacho, N., Lopes, F., Batista, T., and Oquendo, F. (2016). Thinking smart cities as systems-of-systems: A perspective study. In *Proceedings of the 2nd International Workshop on Smart*, SmartCities '16, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.

Costa, A. and Teixeira, L. (2018). Testing strategies for smart cities applications: A systematic mapping study. In *Proceedings of the III Brazilian Symposium on Systematic and Automated Software Testing*, SAST '18, page 20–28, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.

Frascella, A., Brutti, A., Gessa, N., De Sabbata, P., Novelli, C., Burns, M., Bhatt, V., Ianniello, R., and He, L. (2018). A minimum set of common principles for enabling smart city interoperability. *TECHNE-Journal of Technology for Architecture and Environment*, pages 56–61.

Gavilanes Molina, A. and Proano Escalante, R. (2019). The internet of things: Heteregoneous interoperable network architecture in smart cities. In *2019 International Conference on Information Systems and Computer Science (INCISCOS)*, pages 131–135.

Hernández, J. L., García, R., Fischer, M., Schonowski, J., Atlan, D., and Ruohomäki, T. (2019). An interoperable open specifications framework for smart city urban platforms. In *2019 Global IoT Summit (GIoTS)*, pages 1–7.

Hwang, J., An, J., Aziz, A., Kim, J., Jeong, S., and Song, J. (2019). Interworking models of smart city with heterogeneous internet of things standards. *IEEE Communications Magazine*, 57(6):74–79.

Kitchenham, B. A. and Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Technical Report EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report.

Koo, J. and Kim, Y.-G. (2021). Interoperability requirements for a smart city. SAC '21, page 690–698, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.

Lopes, F., Loss, S., Mendes, A., Batista, T., and Lea, R. (2016). Sos-centric middleware services for interoperability in smart cities systems. In *Proceedings of the 2nd International Workshop on Smart*, SmartCities '16, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.

Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., and Mattsson, M. (2008). Systematic mapping studies in software engineering. In *Proceedings of the 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, EASE'08, page 68–77, Swindon, GBR. BCS Learning amp; Development Ltd.

Schaffers, H., Komninos, N., Pallot, M., Trousse, B., Nilsson, M., and Oliveira, A. (2011). *Smart Cities and the Future Internet: Towards Cooperation Frameworks for Open Innovation*, page 431–446. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

Zabasta, A., Kunicina, N., Kondratjevs, K., Patlins, A., Ribickis, L., and Delsing, J. (2018). Mqtt service broker for enabling the interoperability of smart city systems. In *2018 Energy and Sustainability for Small Developing Economies (ES2DE)*, pages 1–6.