

Brazilian Smart Cities Through the Lens of Information Technology: A Systematic Mapping Study

Bruno B. Boniati¹, Rafael Z. Frantz²

¹Instituto Federal Farroupilha
BR 386 - KM 40 — 98400-000 — Frederico Westphalen/RS — Brasil

²Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul
Rua Lulu Ilgenfritz, 480 — 98700-000 — Ijuí/RS — Brasil

bruno.boniati@iffar.edu.br, rzfrantz@unijui.edu.br

Abstract. Research Context: *The densification of urban populations has posed significant challenges to the scientific community, public administrators, and the private sector, demanding innovative and sustainable solutions to enhance the quality of life in these environments. Smart cities utilise information technology resources to harness data, applications, and devices, thereby enabling intelligent and integrated services across diverse urban contexts. Scientific and/or Practical Problem:* *Despite extensive research work across various application domains, there is a lack of recent and comprehensive studies that systematically examine the application of information technology within the Brazilian smart city research community. Proposed Solution and/or Analysis:* *This paper aims to map and categorise studies conducted by Brazilian authors that explore the use of information technology to deliver solutions in smart city scenarios, based on the indicator dimensions defined by the ABNT NBR ISO 37122 standard. Related IS Theory:* *The study is grounded in General Systems Theory, as the categorisation of primary studies facilitates a broader and more structured understanding of this research domain. Research Method:* *A systematic mapping of the literature was undertaken using the ACM Digital Library, IEEE Xplore, ScienceDirect, Scopus, and Web of Science databases, encompassing papers published between 2014 and 2024. Summary of Results:* *From a total of 1,041 unique publications identified during the search phase, 642 were selected and categorised. The findings reveal the thematic and contextual concentration of studies, the temporal evolution of publications by type, the national institutions and researchers with the greatest influence, as well as the principal venues for disseminating research outcomes. Contributions and Impact to IS area:* *This work offers a comprehensive and up-to-date synthesis of smart city approaches from the standpoint of information technology, contributing to the advancement of knowledge within the Brazilian research landscape.*

1. Introdução

O cenário global de crescimento populacional indica que, desde a primeira década deste século, o número de habitantes de áreas urbanas passou a ser maioria [United Nations and United Nations Population Fund 2007]. Prospecções do Departamento das Nações Unidas para Assuntos Econômicos e Sociais estimam que em 30

anos (até 2054) a população global alcançará a marca de 9,796 bilhões de habitantes [United Nations 2024]. A urbanização é um fenômeno global em rápida aceleração que desafia o desenvolvimento sustentável, exigindo estruturas inovadoras para a compreensão e gestão da complexidade urbana [Ochoa et al. 2024]. Associado aos impactos previstos pelas mudanças climáticas, o processo de urbanização exige que as cidades forneçam serviços públicos eficientes, sustentáveis e adaptáveis [Bittencourt et al. 2024].

Neste contexto, cidades inteligentes são uma alternativa para superar esses desafios, uma vez que fazem uso de tecnologias de informação e comunicação (TIC) para fornecer melhores serviços e impactar positivamente a vida de seus cidadãos [Ullah et al. 2023]. O debate sobre a temática das cidades inteligentes vem ganhando importância nos últimos anos e no Brasil isso não é diferente. A Carta Brasileira para Cidades Inteligentes [BRASIL, Ministério do Desenvolvimento Regional 2020] e o estudo estratégico encomendado pela Câmara dos Deputados [Júnior et al. 2021] demonstram preocupações do poder público em discutir e fomentar tais iniciativas. Além disso, a norma brasileira [ABNT NBR ISO 37122 2020] estabelece um conjunto de 80 indicadores agrupados em 19 dimensões para avaliar o progresso e o desempenho das cidades em direção à sustentabilidade e inteligência. No âmbito acadêmico, a Sociedade Brasileira de Computação considera que abordagens de cidades inteligentes são um tópico emergente relacionado ao conceito de Sistemas de Sistemas, cujo processo de desenvolvimento é intrinsecamente desafiador [Bernardini et al. 2017].

Apesar de extensas investigações, em diferentes domínios de aplicação, não existem estudos recentes e abrangentes que sistematizem a aplicação de TICs na pesquisa brasileira sobre cidades inteligentes. Este trabalho objetiva preencher essa lacuna por meio de uma análise consolidada e atualizada da produção científica nacional na última década (2014-2024). Para alcançar este objetivo, realizamos um estudo de mapeamento sistemático de literatura seguindo o protocolo proposto nas diretrizes de [Kitchenham and Charters 2007] e [Petersen et al. 2015]. Os trabalhos selecionados foram classificados de acordo com as 19 dimensões da norma ABNT NBR ISO 37122 considerando seu cenário de aplicação no contexto de uma cidade inteligente. Além disso, os trabalhos também foram categorizados conforme temáticas relacionadas à área de TICs.

Como resultados, identificamos que no período de 2014-2018 a pesquisa brasileira sobre cidades inteligentes se estruturou. Percebemos um aumento constante da produção científica total até o ano de 2018, com uma concentração de publicações em conferências. A partir de 2019, esse volume de produção se estabiliza até 2022; porém, cresce de forma expressiva a produção científica em periódicos, o que sugere um amadurecimento desse campo de pesquisa. Embora ainda com um número significativo de produções, 2022 parece indicar uma tendência de declínio da produção total, o que pode estar associado à natureza interdisciplinar da área que, aos poucos, passa a colaborar e expandir para outras áreas do conhecimento. Grande parte dos problemas de pesquisa abordados no cenário nacional possui uma temática transversal, ou seja, se aplicam a diferentes cenários urbanos. Além disso, domínios de aplicação como transportes, governança e segurança pública também se destacam com maior concentração de pesquisas. Nosso estudo evidencia que a rede de instituições brasileira é bastante regionalizada, e está concentrada nas três regiões mais populosas do país. Identificamos que a temática das cidades inteli-

gentes tem atraído esforços de pesquisadores influentes da área da ciência da computação, no cenário nacional e que são diversas as opções para divulgação destes trabalhos. Por fim, ressaltamos a importância da construção de uma agenda estratégica para agregar iniciativas de transformação digital para fortalecer o ecossistema de cidades inteligentes no Brasil. Em nossa visão, a pesquisa sobre cidades inteligentes, sob as lentes da tecnologia da informação, na comunidade brasileira, tende a aprofundar o debate sobre integração e interoperabilidade entre sistemas de informação, sem comprometer a segurança e a privacidade dos dados trocados entre distintos sistemas. Organizações, sejam públicas ou privadas, bem como os próprios cidadãos, precisam de garantias técnicas de segurança e privacidade como um mecanismo de estímulo para compartilhar seus dados em prol de benefícios mútuos.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta cinco mapeamentos sistemáticos de literatura recentes sobre temáticas relacionadas às cidades inteligentes e que se utilizam de recursos de TICs. O protocolo metodológico e os critérios adotados para selecionar e classificar os estudos são descritos na Seção 3 e a implementação do estudo de mapeamento é descrita na Seção 4. A Seção 5 contempla discussões sobre os resultados do estudo e, por fim, na Seção 6 são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros a serem desenvolvidos.

2. Trabalhos Relacionados

Neste estudo, estamos interessados em organizar um mapeamento sistemático das produções acadêmicas, de autores ligados a instituições brasileiras, onde são empregadas soluções de TIC em diferentes domínios de aplicação no contexto de cidades inteligentes. Mapeamentos sistemáticos são métodos para identificação de pesquisas com um escopo mais amplo, objetivando categorizar os estudos existentes por meio de perguntas exploratórias. Nossa revisão de literatura identificou cinco mapeamentos sistemáticos desenvolvidos por autores brasileiros em assuntos relacionados à temática das cidades inteligentes no período compreendido entre 2020 e 2024.

No trabalho de [Machado et al. 2020] os autores exploram preocupações relacionadas à temática da Engenharia de Software em cidades inteligentes. A pesquisa analisa 8 artigos buscando identificar as características de qualidade do produto consideradas na avaliação de aplicações, no contexto das cidades inteligentes. De acordo com os autores, o desenvolvimento de aplicações para cidades inteligentes envolve muitas especificidades (ex. processamento e análise de grandes volumes de dados, consciência do contexto, percepção e atuação sobre elementos físicos da cidade, manutenção da privacidade e segurança dos cidadãos, etc.) e faz-se necessário garantir que as mesmas tenham um nível adequado de qualidade, possibilitando o uso diário de tais aplicações. O trabalho conclui que há necessidade de especificações mais detalhadas de características que permitam a garantia da qualidade de aplicações para cidades inteligentes.

O paradigma da computação ubíqua é explorado pelo artigo de [Souza et al. 2020] no qual os autores analisam 87 publicações para identificar e categorizar soluções tecnológicas (ferramentas, serviços, aplicativos ou produtos) de monitoramento público urbano por meio de dispositivos ubíquos no contexto de cidades inteligentes. De acordo com os autores, a maioria dos estudos considera que o monitoramento público urbano por meio de dispositivos ubíquos é uma tendência importante no contexto de cidades

inteligentes. Além disso, os autores também consideram que a precisão dos dispositivos ubíquos e a eficiência energética dos mesmos são importantes desafios a serem superados.

Técnicas e ferramentas para gestão de dados envolvem atividades como coleta, processamento, interpretação e visualização, e possuem grande potencial de aplicação em cenários de cidades inteligentes. Em [Silva et al. 2021] é apresentado um mapeamento sistemático englobando 37 estudos sobre o uso de geotecnologias no contexto de cidades inteligentes. Os autores se propuseram a identificar quais problemas são resolvidos pelas geotecnologias, as especificidades de seu uso e quais propostas foram aplicadas pelo poder público. O estudo constatou que soluções envolvendo softwares são as mais recorrentes, sendo os sistemas de informação geográfica (GIS) a geotecnologia mais citada. No contexto governamental, as aplicações estão relacionadas ao planejamento urbano, seguido por soluções relacionadas à mobilidade e energia.

No trabalho [Silva et al. 2022] os autores realizaram um estudo de mapeamento sistemático englobando 17 artigos para apresentar uma compreensão abrangente do paradigma *Fog Computing* no contexto de cidades inteligentes. Tal paradigma é caracterizado por uma arquitetura horizontal em nível de sistema, na qual dispositivos próximos aos usuários finais e dispositivos de IoT são usados para funções de processamento, armazenamento e rede. Os autores explicam que plataformas de desenvolvimento de soluções voltadas a *Fog Computing* fornecem serviços e abstrações projetados para integrar dados de dispositivos de IoT e vários sistemas de informação implantados, o que simplifica o desenvolvimento de aplicações para cidades inteligentes. O artigo aponta inúmeras questões em aberto, especialmente a falta de padrões para interoperabilidade e programação entre plataformas, a falta de simuladores e ambientes para testes, questões relacionadas à segurança e privacidade dos dados, redução do consumo de energia dos componentes da arquitetura, entre outros.

Aspectos relativos à segurança e privacidade têm sido tema recorrente de estudos no contexto de cidades inteligentes. De acordo com [Pinto et al. 2024], os dados coletados de dispositivos IoT servem como importantes fontes de informação para aplicações de cidades inteligentes, no entanto, a coleta de dados pessoais gera desafios relacionados à proteção da privacidade de dados. Neste trabalho, os autores investigaram 49 estudos primários para fornecer informações de ponta que avaliam a privacidade no contexto da IoT, com foco específico em descobertas que utilizam *Personal Data Store* (PDS). O mapeamento indicou um número crescente de trabalhos de pesquisa sobre o tema, contudo, poucos trabalhos apresentam soluções para o problema da privacidade no contexto da IoT. Especificamente sobre a utilização de PDS, apenas dois investigaram este tipo de solução.

Nossa revisão da literatura evidencia dois aspectos fundamentais em que nosso mapeamento se diferencia destes outros identificados, são eles: abrangência temática e escopo. O primeiro deles diz respeito ao fato de que os trabalhos relacionados investigam temas específicos no contexto de cidades inteligentes, como, por exemplo, engenharia de software, arquiteturas e plataformas, computação ubíqua, gestão de dados, e segurança e privacidade, ao passo que esta pesquisa investiga de forma geral e ampla a aplicação de TICs no contexto de cidades inteligentes e, portanto, abrange um conjunto mais amplo de temas. Com relação ao escopo, nosso mapeamento busca uma análise centrada no ambiente nacional de pesquisa. Para isso, selecionamos trabalhos publicados exclusivamente por autores filiados a instituições brasileiras, na perspectiva de mapear o cenário nacional

da pesquisa em cidades inteligentes envolvendo recursos de TICs. Diferentemente, os mapeamentos sistemáticos identificados e reportados nesta seção não se limitam apenas a trabalhos nacionais.

3. Protocolo de Pesquisa

O método utilizado neste mapeamento sistemático está baseado nos protocolos propostos por [Kitchenham and Charters 2007] e [Petersen et al. 2015] e será brevemente detalhado nessa seção. O protocolo se divide em cinco etapas principais: definição das questões de pesquisa, busca, análise e classificação, resultados e discussão, e ameaças à validade. A primeira etapa consiste em explicitar o propósito do mapeamento por meio da definição das questões de pesquisa que serão respondidas. A etapa seguinte consiste na realização da busca e seleção dos artigos que serão efetivamente incluídos no estudo. Na terceira etapa, os artigos são analisados e classificados conforme as questões de pesquisa estabelecidas durante a etapa inicial. As informações extraídas durante a etapa de classificação são analisadas na quarta etapa. Por fim, a última etapa consiste em avaliar eventuais ameaças à validade que possam afetar os resultados.

3.1. Definição de questões de pesquisa

De acordo com [Petersen et al. 2015] as questões de pesquisa estão diretamente relacionadas ao objetivo do mapeamento sistemático a ser conduzido. A elaboração das questões de pesquisa serve de guia para as etapas seguintes, desde a definição dos critérios de pesquisa até a realização das análises sobre os trabalhos selecionados. Não há um número mínimo ou máximo de questões de pesquisa e, de acordo com as necessidades do estudo, elas poderão ser mais genéricas e abrangentes, ou mais específicas. Em [Kitchenham and Charters 2007] descreve-se uma estratégia composta por um conjunto de critérios, denominado de PICOC acrônimo para **P**opulação, **I**ntervenção, **C**omparação, **R**esultados (**O**utcomes) e **C**ontexto, a qual pode ser utilizada para orientar a formulação do objetivo do estudo e suas questões de pesquisa. Em tal estratégia busca-se responder de forma objetiva os seguintes critérios:

- **População:** Grupo-alvo do estudo.
- **Intervenção:** Abordagem que será investigada.
- **Comparação:** Alternativa à abordagem para fins de comparação (opcional).
- **Resultados:** Resultados esperados do estudo.
- **Contexto:** Ambiente onde a pesquisa é aplicada.

3.2. Busca

Na etapa de busca, inicialmente é necessário definir uma *string* de busca contendo combinações de palavras-chave significativas que permitirão recuperar adequadamente uma relação preliminar de estudos. As respostas fornecidas aos critérios da estratégia PICOC ajudam a identificar palavras-chave com maior relevância. Em seguida, é necessário selecionar as bases de dados científicas nas quais a *string* de busca será executada. As bases de dados são repositórios públicos ou privados que armazenam informações sobre publicações científicas. A seleção das bases deve considerar a abrangência e temática dos estudos publicados, uma vez que existem repositórios nacionais e internacionais, bem como repositórios especializados em determinadas áreas de conhecimento. Além disso,

a escolha dos repositórios poderá estar associada às funcionalidades oferecidas para proceder com as buscas, bem como exportar os resultados. Em geral, as bases de dados fornecem uma interface para que a *string* de busca possa ser inserida e processada. Regras sintáticas para especificação da *string* de busca poderão diferir entre distintas bases de dados e, neste caso, adaptações precisam ser feitas.

A execução da *string* de busca nos respectivos repositórios científicos resultará em um conjunto preliminar de publicações que satisfazem aos critérios especificados. A partir deste momento, os pesquisadores precisarão, manualmente, aplicar critérios de inclusão e exclusão, considerando as informações recuperadas pelos mecanismos de busca, para identificar o conjunto relevante e definitivo de publicações que será considerado pelo estudo. A pré-leitura de dados, como por exemplo, título e resumo, é necessária para identificar as publicações que serão incluídas ou excluídas do estudo. Além disso, algumas exclusões, a partir de critérios objetivos, podem ser aplicadas ao conjunto preliminar, como, por exemplo, o período do estudo, o idioma ou a disponibilidade de acesso das publicações. A utilização de múltiplas bases científicas é importante para ampliar o alcance da busca, contudo, neste caso, um mesmo artigo poderá estar indexado em mais de uma base, sendo necessário excluir tais repetições.

Além de executar a busca em bases de dados científicas, em [Petersen et al. 2015] são mencionadas outras estratégias que podem ser utilizadas de forma complementar para incluir artigos de forma manual: a inclusão de artigos conhecidos e a técnica *snowballing*. No primeiro caso, os artigos relevantes e conhecidos pelos pesquisadores que não estão indexados nas bases de dados selecionadas são incluídos manualmente. Já no caso da técnica *snowballing* os pesquisadores analisam as referências bibliográficas dos artigos pré-selecionados na perspectiva de identificar publicações relevantes para o estudo que não tenham sido capturadas pela busca e, neste caso, inclui-las manualmente. O resultado da etapa de busca consiste no conjunto final de artigos que serão mapeados pelo estudo.

3.3. Análise e Classificação

Nesta etapa, o conjunto de publicações selecionadas durante a busca é analisado e classificado. As questões de pesquisa servem de referência para identificar os dados e as informações relevantes a serem extraídas (ex. ano e local de publicação). A classificação dos estudos é considerada uma etapa central em estudos de mapeamento sistemático. Dependendo das questões de pesquisa a serem respondidas e havendo disponibilidade, em [Petersen et al. 2015] sugere-se a utilização de algum tipo de classificação existente, pois isso favorece a comparabilidade entre estudos de mapeamento sistemático. Outra opção, conforme explicado em [Petersen et al. 2008] consiste em desenvolver um esquema de classificação a partir dos estudos selecionados. Neste caso, em uma primeira rodada de revisão, os resumos são lidos para a extração de palavras e conceitos-chave. Ao final deste processo, os termos identificados são agrupados e refinados para criar um esquema de classificação que será utilizado em uma segunda rodada de revisão. Após a classificação, com o auxílio de softwares estatísticos, os dados extraídos são utilizados para elaborar gráficos e tabelas que favoreçam a análise dos mesmos.

3.4. Resultados e discussão

Essa etapa consiste em discutir, a partir dos gráficos e tabelas elaborados na etapa anterior, os principais achados do estudo. Trata-se de um trabalho de interpretação dos resultados,

que deve destacar as informações mais relevantes. Ao discutir os resultados, pode-se identificar tendências e lacunas em aberto na temática da pesquisa conduzida.

3.5. Ameaças à validade

Em estudos de mapeamento sistemático é adequado discutir a existência de ameaças à validade do estudo, ou seja, eventuais fatores que podem comprometer a confiabilidade, precisão e generalização dos resultados. Nesta etapa são apresentadas as principais ameaças à validade, bem como são discutidas alternativas para mitigá-las durante as demais etapas do estudo. O trabalho de [Runeson and Höst 2009] explica que a validade de um estudo demonstra o grau em que os resultados são verdadeiros e não são influenciados pelo ponto de vista subjetivo dos pesquisadores; e descreve quatro aspectos de validade:

- **Validade de construção:** reflete até que ponto as medidas operacionais estudadas realmente representam o que o pesquisador tem em mente e o que é investigado de acordo com as questões de pesquisa.
- **Validade interna:** refere-se à confiabilidade do processo de seleção e análise, ou seja, até que ponto os resultados obtidos podem ter sido influenciados por vieses ou erros no processo.
- **Validade externa:** relaciona-se à generalização dos resultados para além do conjunto de artigos analisados.
- **Confiabilidade:** diz respeito à reprodutibilidade do estudo, ou seja, este aspecto reflete sobre a extensão em que os dados e a análise dependem dos pesquisadores específicos.

4. Implementação do estudo

Essa seção apresenta a aplicação do protocolo descrito na Seção 3 para recuperação e classificação de estudos primários, desenvolvidos por pesquisadores brasileiros, que utilizam recursos de TICs para prover soluções em cidades inteligentes. Para implementar o estudo, utilizamos inicialmente o software JabRef (jabref.org), o qual dispõe de uma funcionalidade para importação de dados bibliográficos em uma base de dados relacional. Uma vez importados, os dados foram analisados e classificados por meio de consultas, planilhas e interfaces auxiliares desenvolvidas para simplificar a realização deste estudo. A relação de artigos incluídos neste mapeamento, bem como o conjunto de gráficos e tabelas auxiliares produzidos a partir deles, são discutidos na Seção 5.

4.1. Questões de pesquisa

A proposta deste trabalho consiste em desenvolver um estudo abrangente para sistematizar a aplicação de TICs na pesquisa brasileira sobre cidades inteligentes no período compreendido entre 2014 até 2024. Durante a etapa de planejamento utilizou-se a estratégia PICOC descrita na Seção 3.1 para orientar a formulação do objetivo geral:

*Fornecer uma visão geral de como a temática interdisciplinar de “Cidades Inteligentes” (**intervenção**) tem sido abordada por pesquisadores brasileiros (**população**) na dimensão das TICs (**contexto**), considerando a evolução temporal dos estudos na última década, a rede de instituições que tem publicado resultados, os cenários de aplicação e temáticas dos problemas abordados, os pesquisadores e trabalhos mais influentes e os principais fóruns para publicação destes resultados (**resultados**).*

Cinco questões de pesquisa derivadas a partir do objetivo geral orientam as demais etapas do estudo, são elas:

- **QP1:** Qual é a evolução numérica dos artigos publicados na última década (2014-2024)?
- **QP2:** Quais são os principais grupos de pesquisa nacional e qual sua rede de colaboração?
- **QP3:** Quais são os principais cenários de aplicação em cidades inteligentes e quais são as temáticas de interesse destes estudos brasileiros?
- **QP4:** Quem são os pesquisadores brasileiros que se destacam na pesquisa sobre cidades inteligentes?
- **QP5:** Em quais conferências e periódicos são publicados os trabalhos?

4.2. Busca

Para proceder com a pesquisa, cinco bases científicas amplamente utilizadas em trabalhos acadêmicos na área da computação foram utilizadas, são elas: ACM Digital Library (dl.acm.org), IEEE Xplore (ieeexplore.ieee.org), Web of Science (webofscience.com/wos), Science Direct (sciencedirect.com), e Scopus (scopus.com). Partindo-se do objetivo geral e das questões de pesquisa definidas, optou-se pela construção de uma *string* de busca de forma bastante abrangente, contemplando o termo “smart city” e suas variações no plural e em língua portuguesa. Além disso, acrescentou-se uma condição para filtrar o país de filiação dos autores contendo os termos “Brasil” ou “Brazil”. A Figura 1 ilustra a organização da *string* de busca a partir de uma sintaxe genérica.

```
title OR abstract OR keywords CONTAINS (
  ( "cidade inteligente" OR "cidades inteligentes" OR "smart cities" OR "smart city" )
) AND author_affiliation CONTAINS ("Brasil" OR "Brazil")
```

Figura 1. *String* de busca genérica.

A pesquisa foi executada no dia 26 de abril de 2025, resultando no total de 1784 publicações, distribuídas por base de dados, conforme a Figura 2. As bases Science Direct, Scopus e WoS permitiram a aplicação de filtros adicionais relacionados à área de interesse; neste caso, os resultados apresentados já contemplam o filtro aplicado, considerando a área da Computação. Os resultados das pesquisas foram exportados em formato BibTeX. Com o auxílio do software JabRef, o conteúdo dos arquivos BibTeX foi importado para uma base de dados relacional para posterior análise e classificação.

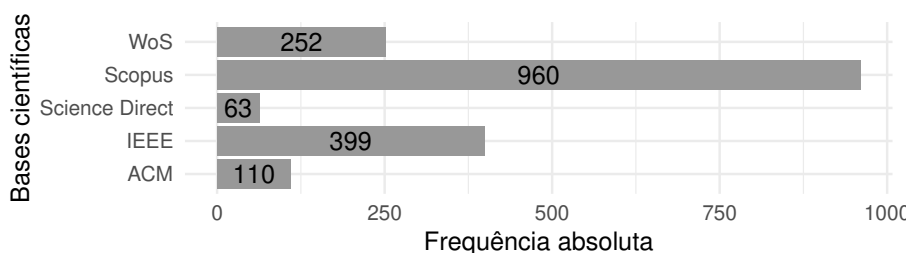


Figura 2. Frequência de artigos por base de dados.

4.3. Análise e Classificação

Desenvolveu-se em duas etapas a classificação e análise, contudo, antes de iniciá-las foram definidos os principais atributos a serem considerados a partir dos dados recuperados na etapa de busca, bem como demais informações a serem extraídas manualmente. A tabulação destes dados é importante pois possibilita a aplicação de alguns critérios de inclusão e exclusão de forma objetiva. Utilizando-se os dados extraídos das bases, foram tabulados os seguintes atributos: tipo de publicação (conforme a classificação BibTeX¹), ano de publicação, título, resumo, palavras-chave, idioma, título do periódico ou livro ou nome da conferência. Além destes atributos, coletou-se também o DOI (Digital Object Identifier), o que permitiu a identificação de publicações repetidas, ou seja, recuperadas de mais de uma base de dados. No total, apenas 37 publicações não tinham DOI, neste caso, eventuais duplicações foram avaliadas manualmente. Ao todo, 1041 publicações únicas foram identificadas a partir dos dados extraídos na etapa de busca.

Na primeira rodada de classificação utilizou-se o conjunto de publicações únicas, iniciando-se com a leitura de atributos como título e resumo. Durante essa etapa foram avaliados os critérios de inclusão, ou seja, condições que garantem a manutenção da publicação no conjunto que será analisado; bem como os critérios de exclusão, ou seja, as condições que irão restringir a publicação de fazer parte da pesquisa. A Tabela 1 contempla o conjunto de critérios de inclusão e exclusão aplicados a este estudo. Ainda durante a primeira rodada de classificação, de forma manual, foram coletados os seguintes atributos: tema/assunto, cidade e observação. O tema corresponde a um pequeno conjunto de palavras-chave que servirá de base para a organização de um esquema de classificação para uma segunda rodada de classificação. A cidade é um atributo opcional, utilizado quando o estudo em si se desenvolve de forma específica em uma determinada cidade. O campo de observação foi utilizado de forma opcional para anotações sobre a publicação. Acerca dos autores, coletou-se o nome completo e sua filiação institucional (nome da instituição, cidade e país).

Tabela 1. Critérios de inclusão e exclusão

Critério	Descrição
Inclusão	O estudo deverá abordar aspectos relacionados à TICs no contexto das cidades inteligentes. Pelo menos um dos autores deve estar filiado a instituições brasileiras. O estudo deve ter sido publicado entre 2014 e 2024.
Exclusão	Artigos duplicados. Estudos secundários ou terciários. Livros e/ou capítulos de livros. Artigos com menos de cinco páginas. Artigos representando resumos de conferências, editoriais e minicursos.

Antes de iniciar a segunda rodada de classificações e considerando a necessidade de identificar temáticas relativas à TIC bem como seus cenários de aplicação em cidades inteligentes, optamos por utilizar dois grupos de classificações. Para classificar os cenários de aplicação, utilizou-se 20 dimensões, sendo 19 oriundas da norma ABNT NBR ISO 37122, que agrupam 80 indicadores para cidades inteligentes. Tais dimensões

¹ *article, book, inbook, incollection, inproceedings*

contemplam os seguintes cenários de aplicação: (1) economia, (2) educação, (3) energia, (4) meio ambiente e mudanças climáticas, (5) finanças, (6) governança, (7) saúde, (8) habitação, (9) população e condições sociais, (10) recreação, (11) segurança, (12) resíduos sólidos, (13) esportes e cultura, (14) telecomunicações, (15) transportes, (16) agricultura urbana/local e segurança alimentar, (17) planejamento urbano, (18) esgoto/águas residuais, e (19) água potável. Acrescentamos uma nova dimensão, (20) “Transversal”, para classificar trabalhos com múltiplos cenários de aplicação.

Para classificar os artigos em temáticas relativas à TIC foram necessárias duas rodadas de revisão. Durante a primeira rodada, foram coletadas palavras-chave para compor um atributo denominado de “tema/assunto”. Em seguida, as palavras-chave coletadas foram agrupadas dando origem ao esquema de classificação a seguir, o qual foi utilizado durante a segunda rodada de revisão:

1. **Inteligência Artificial e Computacional:** técnicas para reconhecimento, aprendizado e tomada de decisão automática.
2. **Arquiteturas, Infraestruturas e Plataformas de Computação:** como os sistemas são estruturados, suas camadas e componentes de suporte.
3. **Gestão de Dados:** coleta, organização, processamento, análise, visualização e interpretação de dados.
4. **Internet das Coisas e Computação Ubíqua:** integração de dispositivos e objetos inteligentes em redes.
5. **Redes e Comunicação:** tecnologias, protocolos e topologias relacionadas à transmissão de dados.
6. **Segurança e Privacidade:** proteção de dados, anonimização e identidade digital.
7. **Sensoriamento e Dispositivos:** dispositivos físicos e digitais usados para captar e transmitir dados.
8. **Engenharia de Software e Desenvolvimento de Sistemas:** métodos, linguagens e ferramentas para projetar, desenvolver e manter software.
9. **Padrões, Modelos e Governança:** estruturas formais para desenvolvimento e operação de sistemas.
10. **Interfaces e Experiência de Usuário:** interfaces entre usuários e sistemas computacionais.

4.4. Resultados do estudo de mapeamento

Ao final da etapa de análise e classificação, após duas rodadas de revisão, 642 artigos foram classificados e incluídos no estudo. Uma listagem completa contendo estes artigos está disponível no GitHub ². Nessa seção os dados classificados serão apresentados na forma de figuras e tabelas, agrupados de acordo com as questões de pesquisa descritas na Seção 4.1.

4.4.1. QP1: Frequência de publicações por ano e tipo

Durante a etapa de pesquisa, conforme Seção 4.2, não houve delimitação do período mínimo e máximo das publicações, contudo, observou-se a partir dos dados extraídos,

²<https://github.com/gca-research-group/sbsi-2026-smart-city>

que o número total de trabalhos anteriores à 2014 era de apenas seis, sendo cinco conferências e um capítulo de livro. A análise dos dados permite identificar uma evolução crescente no número de trabalhos publicados no período de 2014 até 2018. Posteriormente, observa-se uma estabilização. Ao longo da última década, 44,5% dos trabalhos selecionados foram publicados em periódicos e 55,5% em conferências. A Figura 3 permite observar a evolução do número de trabalhos por local de publicação (periódicos ou conferências) na última década.

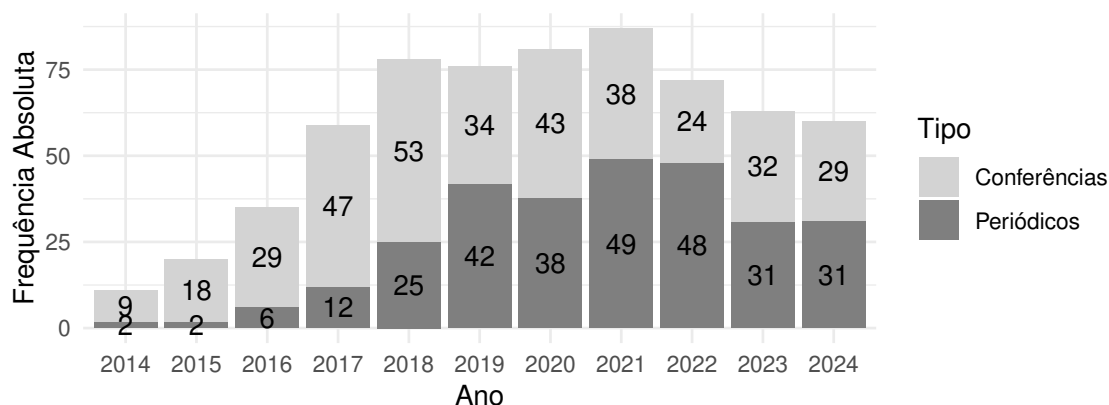


Figura 3. Número de artigos por ano e tipo de publicação.

4.4.2. QP2: Instituições brasileiras e sua rede de cooperação

Considerando os artigos selecionados neste estudo, instituições da Região Sudeste participam de mais de 57% dos estudos, seguidos pela Região Nordeste, com 43%, a Região Sul com 29% e as Regiões Centro-oeste e Norte, respectivamente, com 7% e 6% dos artigos. A Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), instituição da Região Nordeste, possui a maior participação neste estudo, estando presente em 11% dos trabalhos selecionados, seguida pela Universidade de Campinas (Unicamp) com 9% de participação, e a Universidade de São Paulo (USP) com 8%, ambas da Região Sudeste. Destacam-se ainda a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a Universidade Federal Fluminense (UFF), ambas na Região Sudeste com participação em 6% e 5% respectivamente. Na Região Sul, destacam-se a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) com 5% de participação e a Universidade Federal de Santa Catarina com 4%.

A Figura 4 ilustra as relações da rede de instituições brasileiras que pesquisam sobre cidades inteligentes (as cores representam as regiões do Brasil, conforme legenda). Para melhorar a visualização, não foram considerados, na figura, os centros de pesquisa e/ou indústria. Vale destacar que, entre os centros de pesquisa, as instituições com maior número de publicações neste estudo são o Instituto Nacional de Telecomunicações (INATEL-MG), o Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI-SP) e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT-SP), com participação em 6, 5 e 4 trabalhos, respectivamente, representando menos de 1% do total.

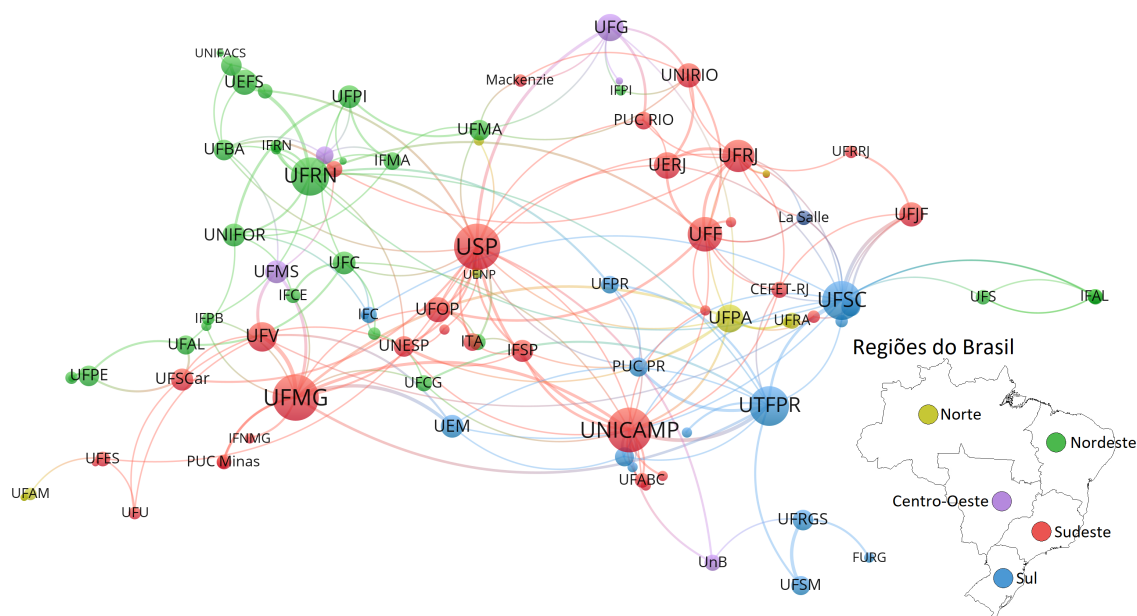


Figura 4. Rede de Instituições de Ensino Superior Brasileiras.

4.4.3. QP3: Cenários de aplicação das TICs em cidades inteligentes

Para melhor apresentar a densidade de trabalhos por cenário de aplicação, conforme as dimensões da Norma ABNT NBR ISO 37122, em relação aos temas identificados durante a etapa de classificação, conforme Seção 4.3, optou-se pela organização da Tabela 2. Nas colunas da referida tabela estão as 10 temáticas relacionadas com a área de TIC e nas linhas estão os 19 cenários de aplicação que representam os grupos de indicadores conforme a Norma ABNT NBR ISO 37122. Um cenário extra foi acrescentado para representar trabalhos transversais, sendo justamente neste tipo de cenário que se concentram a maioria dos trabalhos (30.7%), seguido por transporte (19.3%), governança (9%) e segurança (8.6%).

No que diz respeito aos temas relacionados às TICs, a maior concentração de pesquisas é observada na temática de Gestão de Dados (15.4%) e a menor concentração na área de Experiências e Interfaces de Usuário (3.4%). As maiores interseções, sem considerar os cenários transversais, estão em pesquisas sobre inteligência artificial e computacional em cenários de transporte, bem como gestão de dados também em cenários de transporte, ambos com 4.4% do total de trabalhos considerados no estudo.

4.4.4. QP4: Autores brasileiros

O total de autores brasileiros únicos relacionados nos artigos selecionados neste estudo é de 1474, sendo que, para avaliar os pesquisadores que se destacam na pesquisa sobre cidades inteligentes, foram identificados os 10 autores com maior participação, cuja produção corresponde a 22,7% dos artigos. A Tabela 3 permite identificar os nomes, vínculo atual e temática predominante de suas publicações. Destaca-se a participação dos pesquisadores da UFRN, com 5 nomes na lista. Além destes, destacam-se também os pesquisadores Joel José Puga Coelho Rodrigues e Victor Hugo Costa de Albuquerque, co-autores de 3 dos 4

Tabela 2. Número de publicações por cenário de aplicação (linhas) e tema (colunas).

	Inteligência Artificial e Computacional	Arquiteturas, Infraestruturas e Plataformas de Computação	Gestão de Dados	IoT e Computação Ubíqua	Redes e Comunicação	Segurança e Privacidade		Sensoriamento e Dispositivos	Engenharia de Software e Desenvolvimento de Sistemas	Padrões, Modelos e Governança	Interfaces e Experiência de Usuário		Total
						Segurança	Privacidade				Usuário	Experiência	
1) Economia	2		3							1			6
2) Educação	1	1		1	1				3	2			9
3) Energia	2	5	6	3	4			7	1	4	1		33
4) Meio ambiente e mudanças climáticas	4		2	1	2			6		1			16
5) Finanças										1			1
6) Governança	1	2	18				1	3	5	20		8	58
7) Saúde	3	3	5	3			3	5	1	1	1		25
8) Habitação				2	1			1					4
9) Populações e Condições Sociais	2	1	2	6				2		1	4		18
10) Recreação		1			2								
11) Segurança	21	5	9	6	1		1	4	5	1		2	55
12) Resíduos Sólidos	1	5		1	3		1	2				1	13
13) Cultura e Esportes	1												1
14) Telecomunicações	6	2	3	2	20		9	6	1	3			52
15) Transporte	28	8	28	8	10		3	15	16	6	2		124
16) Agricultura Local/Urbana e Segurança Alimentar	1		1					1					3
17) Planejamento Urbano	3	1	5		1			1	1	3			15
18) Esgoto e águas residuais													1
19) Água	3	1		1				2					7
20) Transversal	11	54	17	20	26		22	15	19	10	3		197
Total	90	89	99	54	71	41		70	52	54	22		642

trabalhos com maior número de citações, conforme pode-se observar na Tabela 4.

Tabela 3. Número de publicações por pesquisador brasileiro (Top 10).

Pesquisador	Vínculo	Temática predominante	J ^a	C ^b	Total
CACHO, Nélío 	UFRN	Arq. e Infr. de Computação (12)	5	25	30
RODRIGUES, Joel 	SENAC-CE	Redes e Comunicação (9)	14	10	24
LOPES, Frederico 	UFRN	Arq. e Infr. de Computação (8)	3	16	19
COSTA, Daniel 	UEFS †	Sensoriamento e Dispositivos (10)	9	9	18
LOUREIRO, Antonio 	UFMG	Redes e Comunicação (6)	10	8	18
ALBUQUERQUE, Victor 	UFC	Inteligência Artificial (7)	13	1	14
BATISTA, Thais 	UFRN	Arq. e Infr. de Computação (8)	3	11	14
IANO, Yuzo 	Unicamp	Padrões, Modelos e Governança (4)	13	1	14
CAVALCANTE, Everton 	UFRN	Arq. e Infr. de Computação (6)	2	10	12
SILVA, Ivanovitch 	UFRN	Inteligência Artificial (4)	5	7	12

^a Número de artigos publicados em periódicos (Journals)

^b Número de artigos publicados em conferências (Conferences)

† Desde 2022, o pesquisador COSTA, Daniel  está vinculado à Univ. do Porto (Portugal)

A Tabela 4 contém as referências para os 4 trabalhos com participação de autores brasileiros, com maior número de citações de acordo com os índices Scopus, Web of Science e Google Scholar. São 2 artigos publicados em periódicos e 2 trabalhos publicados em conferências. Em [Vora et al. 2018] os autores propõem um *framework* baseado em Blockchain para armazenamento e manutenção de registros eletrônicos de saúde (*electronic health records* - EHRs). No artigo [Cervantes et al. 2015] propõe-se um sistema de detecção de intrusão para prevenir ataques de *sinkhole* em serviços de roteamento de dispositivos IoT. Em [Khan et al. 2019] os autores apresentam um sistema energeticamente eficiente baseado em redes neurais convolucionais profundas para detecção precoce de fumaça em ambientes de IoT utilizando uma arquitetura *fog computing*. O artigo [Pardini et al. 2020] apresenta uma solução computacional para otimizar a gestão de resíduos sólidos que inclui a participação dos cidadãos.

Tabela 4. Artigos mais citados

Referência	Local de Publicação	Cenário de Aplicação	Número total de citações		
			Scopus	WoS	Google Scholar
[Vora et al. 2018]	Conferência	Saúde	254	154	233
[Cervantes et al. 2015]	Conferência	Transversal	206	131	206
[Khan et al. 2019]	Periódico	Segurança	168	143	146
[Pardini et al. 2020]	Periódico	Resíduos Sólidos	154	90	137

4.4.5. QP5: Fóruns de Publicação

Acerca dos principais fóruns para divulgação de trabalhos sobre cidades inteligentes com enfoque em TICs, identificou-se 110 periódicos distintos e 163 conferências. Entre os periódicos destaca-se o Journal Sensor, da editora suíça MDPI, do qual integram 25 artigos selecionados neste estudo. A Tabela 5 permite identificar os 10 periódicos com maior número de publicações juntamente com indicadores de qualidade como JCR (Journal Citation Reports) e SJR (SCImago Journal Rank) que medem o impacto e o alcance de tais

periódicos. Em relação às publicações em conferências, a Tabela 6 permite identificar as 5 conferências com maior número de publicações com a participação de autores brasileiros. Destacam-se conferências nacionais como o Simpósio Brasileiro de Engenharia de Sistemas Computacionais (SBESC) e o Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI) bem como o IEEE Summer School on Smart Cities, cuja única edição ocorreu em Natal (RN) em 2017. A coluna “%” refere-se ao percentual em relação ao total de publicações em conferências.

Cabe destacar o papel do Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI) como sendo o segundo fórum brasileiro com maior número de publicações sobre cidades inteligentes na perspectiva das TICs. Foram identificados artigos publicados nas edições de 2018 (2), 2019 (1), 2023 (3) e 2024 (1) em diferentes domínios de aplicação (governança, educação, transporte, população e condições sociais, energia e segurança) e de forma predominante na temática da inteligência artificial (4) mas também englobando temas como gestão de dados, padrões, modelos e governança, e computação ubíqua e IoT. Percebe-se que o SBSI tem se consolidado como um importante fórum para debate e discussões sobre cidades inteligentes no Brasil.

Tabela 5. Número de publicações por periódico (Top 10).

Periódico	País	1ª Ed.	JCR ^a	SJR ^b	HI ^c	Nº. ^d
Sensors	Suíça	2001	3.5	0.764	273	25
Lecture Notes in Computer Science	Alemanha	1973	-	0.352	499	14
Smart Innovation, Systems and Technologies	Alemanha	2010	-	0.163	39	13
IEEE Access	EUA	2013	3.6	0.849	290	13
IEEE Internet of Things Journal	EUA	2014	8.9	2.483	208	13
Communications in Computer and Information Science	Alemanha	2007	-	0.182	75	12
Future Generation Computer Systems	Holanda	1984	6.1	1.551	180	11
Lecture Notes in Networks and Systems	Suíça	2016	-	0.166	48	8
Journal of Internet Services and Applications	Brasil	2010	0.9	0.406	34	7
Smart Cities	Suíça	2018	5.5	1.398	42	6

^a Impact Factor — <https://jcr.clarivate.com/jcr-jp/>

^b Scimago Journal & Country Rank — <https://www.scimagojr.com/>

^c H-Index computed by Scimago Journal & Country Rank

^d Número de publicações mapeadas

Tabela 6. Número de publicações por conferência (Top 5)

Conferência	Nº. Edições	^a N°.	%
IEEE International Smart Cities Conference	11 (2025)	41	11,51%
IEEE Summer School on Smart Cities	1 (2017)	19	5,33%
IEEE Symposium on Computers and Communication	30 (2025)	16	4,49%
Simpósio Brasileiro de Engenharia de Sistemas Computacionais	15 (2025)	8	2,24%
Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação	21 (2025)	7	1,96%

^a Número de publicações mapeadas

4.5. Ameaças à validade

Nesta seção são identificadas eventuais ameaças que poderiam comprometer os resultados deste trabalho, além disso, são detalhadas as ações adotadas para mitigá-las. Para minimizar ameaças à validade de construção, optamos pela utilização de um termo suficientemente abrangente (“*smart city*”) com as respectivas variações (plural e língua portuguesa) de forma a contemplar publicações diretamente relacionadas à temática do estudo. Além disso, as questões de pesquisa foram organizadas de forma a prever respostas bastante objetivas, permitindo mapear e categorizar os estudos selecionados. Acerca das categorias utilizadas na etapa de classificação, optamos pela utilização de ao menos uma classificação conhecida e normatizada internacionalmente, no caso, a Norma ABNT NBR ISO 37122.

Para mitigar ameaças à validade interna, procuramos definir critérios claros para inclusão e exclusão, registrando para cada artigo os motivos da permanência ou não do mesmo no estudo. Além disso, a etapa de classificação se deu em duas rodadas, permitindo revisitar os trabalhos para um melhor enquadramento destes, se necessário. Acerca das ameaças externas, optamos por delimitar o período em uma década (2014-2024), contemplando a maior representatividade possível de trabalhos sobre cidades inteligentes no Brasil. Além disso, a utilização de variadas e reconhecidas bases de dados, relacionadas à área de interesse do trabalho, também minimiza ameaças externas. Eventuais ameaças à confiabilidade (*reliability*) foram minimizadas com a adoção de uma diretriz padronizada e reconhecida, explicitando, ao longo do trabalho, todos os detalhes do protocolo, por exemplo, a *string* de busca e os critérios de inclusão/exclusão.

5. Discussões

Iniciamos a discussão abordando a evolução temporal dos estudos. Observa-se claramente a estruturação dessa área de pesquisa no período de 2014-2018, através de um crescente número de produções acadêmicas. Neste período há um predomínio de trabalhos publicados em conferências se comparados a publicações em periódicos, o que demonstra um amadurecimento gradual deste tópico de pesquisa. Durante este mesmo período, o Brasil sediou dois eventos esportivos internacionais (Copa do Mundo 2014 e Olimpíadas 2016) que impactaram a dinâmica urbana de 12 capitais brasileiras, entre elas as 10 cidades mais populosas do país. Investimentos atraídos por estes eventos certamente tiveram impacto positivo na pesquisa e proposição de soluções para cenários urbanos, em especial relacionados à mobilidade urbana.

A maturidade da área é alcançada gradualmente a partir de 2018, sendo que, já a partir de 2019, pode-se observar uma estabilização no número de publicações, bem como uma relação mais igualitária entre os diferentes tipos de publicações. Essa maturidade decorre do interesse crescente do estado brasileiro, através de projetos para fomento e regulação de cidades inteligentes. A Carta Brasileira para Cidades Inteligentes [BRASIL, Ministério do Desenvolvimento Regional 2020] do poder executivo e o estudo estratégico publicado pela Câmara dos Deputados [Júnior et al. 2021] ilustram tal preocupação. Estes documentos trazem reflexões coletivas acerca da necessidade de reorganização econômica e social no meio urbano, o qual concentra a maioria da população brasileira.

No que diz respeito à rede de pesquisa nacional, é possível identificar colaborações

regionalizadas, com destaque para as regiões mais densamente povoadas como sudeste, nordeste e sul, com predomínio de pesquisas transversais cujos resultados se aplicam em diferentes cenários urbanos. Pesquisas no domínio das cidades inteligentes costumam estar relacionadas às realidades e problemas de seus contextos regionais. Na região norte, com a menor densidade demográfica do Brasil, observa-se a predominância das pesquisas na área de telecomunicações. Situação análoga ocorre com pesquisas de instituições do estado da Bahia, classificado pelo [Fórum Brasileiro de Segurança Pública 2025] como a segunda maior taxa de mortalidade intencional, cuja predominância das pesquisas envolve cenários ligados à segurança. Problemas no domínio de aplicação dos transportes, em especial mobilidade urbana, aparecem em maior número nas pesquisas de instituições como a Universidade de Campinas (Unicamp), Universidade de Brasília (UnB) e Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), situadas em regiões metropolitanas com frotas de veículos entre as 10 maiores do país, conforme [BRASIL, Ministério dos Transportes 2025].

Municípios como Natal (RN, região nordeste), Curitiba (PR, região sul) e as cidades fluminenses do Rio de Janeiro e Niterói (região sudeste) são os municípios mais mencionados nos trabalhos incluídos neste estudo. Observando a rede de instituições de pesquisa, cuja sede está presente nesses municípios, fica evidente o papel das mesmas para potencializar iniciativas de cidades inteligentes. Importante ressaltar o papel da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), sediada em Natal, e que por meio do Instituto Metrópole Digital (IMD) ³ vem fomentando pesquisas na área de TICs, abrangendo e agregando iniciativas públicas e privadas. Entre os dez pesquisadores brasileiros com maior número de publicações na área de cidades inteligentes, metade deles está ligada ao IMD. Situação análoga ocorre com instituições da região metropolitana de Curitiba e Rio de Janeiro, municípios que, nos anos de 2023 e 2024, se intercalaram na primeira e segunda colocação do Ranking Connected Smart Cities ⁴, considerando as pontuações obtidas no eixo da tecnologia e inovação.

Acerca dos pesquisadores mais influentes, destacam-se os professores Joel José Puga Coelho Rodrigues (IFPI, UNIFOR, SENAC-CE) e Victor Hugo Costa de Albuquerque (UNIFOR, UFC). Ambos são mencionados na 11ª edição do *Ranking* “Melhores Cientistas de Ciência da Computação do Brasil” ⁵, publicado ao final de 2024, respectivamente na primeira e segunda colocação. Também observou-se, neste estudo, que entre as quatro publicações com maior número de citações, há três trabalhos nos quais estes dois pesquisadores são autores. O pesquisador Antonio Alfredo Ferreira Loureiro da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) também é mencionado no *ranking* entre as 10 primeiras colocações. Constatou-se, a partir destes dados, que a pesquisa de soluções de TICs em cidades inteligentes tem sido um tema emergente, ao qual importantes pesquisadores brasileiros se dedicam a investigar.

A respeito dos fóruns para publicação de resultados, foi possível observar, neste mapeamento sistemático, uma grande diversidade de espaços, tanto em periódicos como em conferências. Analisando a concentração de trabalhos em periódicos com mais de 5 ocorrências, identificamos publicações especializadas na área de ciência da computação

³<https://metropoledigital.ufrn.br/>

⁴<https://ranking.connectedsmartcities.com.br/>

⁵<https://research.com/scientists-rankings/computer-science/br>

e também temáticas diretamente relacionadas a cidades inteligentes como sensores, IoT e redes de computadores, bem como periódicos destinados à inovação e tecnologias emergentes. Entre os 10 periódicos com maior número de publicações, 9 deles são mantidos por editoras internacionais como MDPI (2), IEEE (2), Springer Nature (4) e Elsevier (1); além do periódico *Journal of Internet Services and Applications* (JISA) mantido pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC) em parceria com o Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br) e o Laboratório Nacional de Redes de Computadores (LARC).

A conferência com maior número de publicações identificadas neste estudo é a “IEEE International Smart Cities Conference” cuja primeira edição ocorreu em 2015 na China e até então ainda não foi realizada no Brasil. Na sequência temos a “IEEE Summer School on Smart Cities” cuja única edição ocorreu em Natal (RN) em 2017 bem como a tradicional conferência “IEEE Symposium on Computers and Communication” que desde 1995 vem oportunizando, anualmente, espaço para discussão de importantes temas emergentes e cuja edição de 2018 foi sediada no Brasil, na cidade de Natal (RN). O Simpósio Brasileiro de Engenharia de Sistemas Computacionais e o Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação completam a lista das 5 conferências com maior concentração de trabalhos mapeados neste estudo. Importante observar o caso do município de Natal [Cacho et al. 2016], que por meio de iniciativas descentralizadas e a implementação gradual de projetos estratégicos vem construindo uma agenda de transformação digital, inclusive com a realização de eventos que discutem soluções para cidades inteligentes.

6. Conclusões e trabalhos futuros

Problemas decorrentes do acelerado processo de adensamento populacional de áreas urbanas impõem diversos desafios aos gestores municipais. De acordo com [Sowmiya and Velavan 2025], iniciativas de cidades inteligentes utilizam as TICs para aprimorar a prestação de serviços, otimizar a infraestrutura e promover a transparência na tomada de decisões, alinhando-se a esforços globais de sustentabilidade. Neste artigo, apresentamos um estudo de mapeamento sistemático para investigar, de forma ampla, a adoção de TIC na pesquisa brasileira sobre cidades inteligentes. Partindo-se de um conjunto de 1041 documentos únicos recuperados a partir de buscas em respeitadas bases de dados científicas na área de tecnologia da informação, selecionamos 642 documentos (62%) para classificação seguindo o protocolo sistemático proposto nas diretrizes de [Kitchenham and Charters 2007] e [Petersen et al. 2015].

Os resultados obtidos neste estudo fornecem um panorama consolidado e atualizado acerca da pesquisa brasileira em cidades inteligentes com foco em TICs, permitindo identificar os principais cenários urbanos e temáticas onde se concentram os problemas de pesquisa. Além disso, o estudo mapeia a rede de pesquisa nacional e os pesquisadores com maior destaque. Estudos de mapeamento sistemático fornecem uma visão geral do estado da arte em uma área de pesquisa, permitindo a identificação de oportunidades para novas pesquisas. Como trabalhos futuros, pretende-se aprofundar a investigação em temáticas mais específicas, da área de tecnologia da informação, que se mostraram emergentes e que representem lacunas de pesquisa no contexto das cidades inteligentes. Pretendemos também aproveitar os dados coletados para avaliar a rede de colaboração internacional desta comunidade brasileira no que tange a pesquisa sobre cidades inteligentes.

Agradecimentos

Pesquisa parcialmente financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por meio dos seguintes auxílios: 309425/2023-9 e 402915/2023-2.

Referências

- ABNT NBR ISO 37122 (2020). Cidades e comunidades sustentáveis – indicadores para cidades inteligentes.
- Bernardini, F. C., Viterbo, J., Vianna, D. S., Martins, C. B., de Medeiros, A. P., Meza, E. B. M., Moratori, P. B., and Bastos, C. A. M. (2017). *General Features of Smart City Approaches from Information Systems Perspective and Its Challenges*, chapter 3, pages 25–40. Brazilian Computer Society.
- Bittencourt, J. C. N., Costa, D. G., Portugal, P., and Vasques, F. (2024). A survey on adaptive smart urban systems. *IEEE Access*, 12:102826—102850.
- BRASIL, Ministério do Desenvolvimento Regional (2020). Carta brasileira para cidades inteligentes. <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/desenvolvimento-regional/projeto-andus/carta-brasileira-para-cidades-inteligentes>. Accessed: July 2025.
- BRASIL, Ministério dos Transportes (2025). Secretaria Nacional de Trânsito – Frota de Veículos 2025. <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/frota-de-veiculos-2025>. Accessed: August 2025.
- Cacho, N., Lopes, F., Cavalcante, E., and Santos, I. (2016). A smart city initiative: The case of natal. In *IEEE International Smart Cities Conference*, pages 1–7.
- Cervantes, C., Poplade, D., Lima, M. N., and dos Santos, A. L. (2015). Detection of sinkhole attacks for supporting secure routing on 6LoWPAN for internet of things. In *International Symposium on Integrated Network Management*, pages 606—611.
- Fórum Brasileiro de Segurança Pública (2025). *19º Anuário Brasileiro de Segurança Pública*. São Paulo.
- Júnior, F., Amin, A., Braide, E., and Cathedral, H. (2021). *Cidades inteligentes: Uma abordagem humana e sustentável*, volume 12 of *Série Estudos Estratégicos*. Câmara dos Deputados, Brasília (DF).
- Khan, S., Muhammad, K., Mumtaz, S., Baik, S. W., and de Albuquerque, V. H. C. (2019). Energy-efficient deep CNN for smoke detection in foggy iot environment. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(6):9237—9245.
- Kitchenham, B. A. and Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Technical report, School of Computer Science and Mathematics, Keele University, UK.
- Machado, L. R., da Silva, F. J., Barradas, A., Viana, D., Teles, A., and Coutinho, L. (2020). Product Quality for Smart Cities Applications: A Mapping Study. In *Brazilian Symposium on Information Systems*, pages 1–8.

- Ochoa, W. A. A., Neto, A. I., Junior, P. C. V., Calabokis, O. P., and Ballesteros-Ballesteros, V. (2024). The theory of complexity and sustainable urban development: A systematic literature review. *Sustainability*, 17(1):3.
- Pardini, K., Rodrigues, J. J. P. C., Diallo, O., Das, A. K., de Albuquerque, V. H. C., and Kozlov, S. A. (2020). A smart waste management solution geared towards citizens. *Sensors*, 20(8):2380.
- Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., and Mattsson, M. (2008). Systematic mapping studies in software engineering. In *International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, pages 68–77.
- Petersen, K., Vakkalanka, S., and Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, 64(100):1—18.
- Pinto, G. P., Donta, P. K., Dustdar, S., and Prazeres, C. (2024). A systematic review on privacy-aware iot personal data stores. *Sensors*, 24(7):2197.
- Runeson, P. and Höst, M. (2009). Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering. *Empirical Software Engineering*, 14:131–164.
- Silva, T. H. F. E., Souza, V. C. O., and Paula, M. M. V. (2021). A Systematic Mapping of Literature on the Use of Geotechnologies in Smart Cities in the Government area. In *Brazilian Symposium on Information Systems*, pages 1–8.
- Silva, T. P. d., Batista, T. V., Lopes, F., Neto, A. R., Delicato, F. C., Pires, P. F., and da Rocha, A. R. (2022). Fog Computing Platforms for Smart City Applications: A Survey. *ACM Transactions on Internet Technology*, 22(4):1–32.
- Souza, L. S., Neto, J. R. D. A., Melo, T. J. S., dos Santos Soares, M., Rocha, F. G., and do Nascimento, R. P. C. (2020). An investigation into technology solutions for urban public monitoring through ubiquitous devices in the context of smart cities. In *Euro-American Conference on Telematics and Information Systems*, pages 1–5.
- Sowmiya, R. and Velavan, M. (2025). *Leveraging Emerging Technologies for Inclusive and Sustainable Urban Governance: A Framework for Smart Cities in Developing Environments*, pages 111—136. IGI Global.
- Ullah, A., Anwar, S. M., Li, J., Nadeem, L., Mahmood, T., Rehman, A., and Saba, T. (2023). Smart cities: the role of internet of things and machine learning in realizing a data-centric smart environment. *Complex & Intelligent Systems*, 10(1):1607—1637.
- United Nations (2024). *World Population Prospects 2024: Summary of Results*. United Nations, New York, NY.
- United Nations and United Nations Population Fund (2007). *State of world population 2007*. United Nations Population Fund, New York, NY.
- Vora, J., Nayyar, A., Tanwar, S., Tyagi, S., Kumar, N., Obaidat, M. S., and Rodrigues, J. J. P. C. (2018). BHEEM: A blockchain-based framework for securing electronic health records. In *IEEE Globecom Workshops*.